

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Martin Sumpor

Zagreb, 2016.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE

ZAVRŠNI RAD

Mentor:

Prof. dr. sc. Damir Ciglar, dipl. ing.

Student:

Martin Sumpor

Zagreb, 2016.

Izjavljujem da sam ovaj rad izradio samostalno koristeći stečena znanja tijekom studija i navedenu literaturu, savjetima mentora prof. dr. sc. Damira Ciglara i poduzeća Metalis d.o.o.

Zahvaljujem se svom mentoru prof. dr. sc. Damiru Ciglaru na stručnoj pomoći i danim savjetima tijekom izrade ovog završnog rada.

Također se zahvaljujem poduzeću Metalis d.o.o. na ustupljenim pozicijama, savjetima, materijalima i korisnim podacima, koji su korišteni prilikom izrade ovog rada.

Posebno se zahvaljujem svojoj obitelji, a najviše svojim roditeljima na podršci tijekom studija.

Martin Sumpor



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET STROJARSTVA I BRODOGRADNJE



Središnje povjerenstvo za završne i diplomske ispite
Povjerenstvo za završne ispite studija strojarstva za smjerove:
proizvodno inženjerstvo, računalno inženjerstvo, industrijsko inženjerstvo i menadžment, inženjerstvo
materijala i mehatronika i robotika

| | |
|--|--------|
| Sveučilište u Zagrebu Fakultet strojarstva i brodogradnje | |
| Datum | Prilog |
| Klasa: | |
| Ur.broj: | |

ZAVRŠNI ZADATAK

Student: **MARTIN SUMPOR**

Mat. br.: 0035194152

Naslov rada na
hrvatskom jeziku:

TEHNOLOGIJA IZRADE DIJELOVA TRANSPORTNOG MODULA

Naslov rada na
engleskom jeziku:

**MACHINING TECHNOLOGY OF COMPONENTS FOR
TRANSPORT MODULE**

Opis zadatka:

Transportni modul je dio transportnog sustava za pakiranje proizvoda u prehrambenoj industriji. Sustav se sastoji od više pokretnih traka koje iz proizvodnog pogona transportiraju proizvode u skladište ili otpad ako je proizvod defektan. Navedeni transportni modul povezuje te pokretne trake i služi za preusmjeravanje proizvoda. Sastoji se od osnovne savijene i zavarene konstrukcije, na koju su također zavarene osovine, oko kojih rotira čitava konstrukcija, te nosač letve na koji se kasnije vijcima pričvršćuje letva.

U radu je potrebno opisati tehnološki postupak izrade dijelova navedenog transportnog modula koji se obrađuje nakon kompletnog zavarivanja. Potrebno je navesti rezne alate, režime obrade i alatne strojeve s kojima se može izvršiti potrebna obrada. Posebnu pažnju treba posvetiti stezanju čitave zavarene konstrukcije na stroju, kako bi se obradom postigle zahtijevane tolerancije konačnih mjera cjelokupne konstrukcije.

Zadatak zadan:

25. studenog 2015.

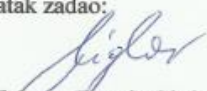
Rok predaje rada:

- 1. rok: 25. veljače 2016
- 2. rok (izvanredni): 20. lipnja 2016.
- 3. rok: 17. rujna 2016.


Predviđeni datumi obrane:

- 1. rok: 29.2., 02. i 03.03. 2016.
- 2. rok (izvanredni): 30. 06. 2016.
- 3. rok: 19., 20. i 21. 09. 2016.

Zadatak zadao:


Prof.dr.sc. Damir Ciglar

Predsjednik Povjerenstva:


Prof. dr. sc. Zoran Kunica

SADRŽAJ

| | |
|---|-----|
| SADRŽAJ | I |
| POPIS SLIKA | II |
| POPIS TABLICA | III |
| POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE | IV |
| POPIS OZNAKA | V |
| SAŽETAK | VI |
| SUMMARY | VII |
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Higijenski uvjeti za dizajn opreme i strojeva | 2 |
| 1.2. Materijali za izradu opreme i strojeva | 2 |
| 1.2.1. Karakteristike nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10 | 3 |
| 1.3. Dizajn i izrada opreme i strojeva | 4 |
| 1.3.1. Površine i geometrija | 4 |
| 1.3.2. Hrapavost površina | 4 |
| 2. TEHNOLOŠKE OPERACIJE POTREBNE ZA IZRADU DIJELOVA TRANSPORTNOG MODULA | 5 |
| 2.1. Rezanje laserom | 5 |
| 2.2. Piljenje | 6 |
| 2.3. Tokarenje | 9 |
| 2.4. Glodanje | 12 |
| 2.5. Bušenje i razvrtavanje | 16 |
| 3. STROJEVI ZA IZRADU DIJELOVA TRANSPORTNOG MODULA | 18 |
| 3.1. Laser za rezanje limova | 18 |
| 3.2. CNC tračna pila | 19 |
| 3.3. Univerzalna tokarilica | 20 |
| 3.4. CNC troosna glodalica | 21 |
| 3.5. Horizontalna glodalica bušilica | 22 |
| 4. ODABIR REZNIH ALATA I TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE DIJELOVA TRANSPORTNOG MODULA | 23 |
| 4.1. Odabir reznih alata | 24 |
| 4.1.1. Alat za tokarenje | 25 |
| 4.1.2. Alati za obradu provrta | 27 |
| 4.1.3. Alati za glodanje | 31 |
| 4.1.4. Alat za vanjsko razvrtavanje | 33 |
| 4.2. Tehnološki postupak izrade dijelova transportnog modula | 35 |
| 4.3. Stezanje okretnog usmjerivača transportnog modula na stroj | 42 |
| 5. ZAKLJUČAK | 45 |
| LITERATURA | 46 |
| PRILOZI | 48 |

POPIS SLIKA

| | |
|--|----|
| Slika. 1. Postupak rezanja laserom [5] | 6 |
| Slika. 2. Okvirno piljenje [6] | 7 |
| Slika. 3. Tračno piljenje [7] | 7 |
| Slika. 4. Kružno piljenje [6]..... | 8 |
| Slika. 5. Vanjsko uzdužno tokarenje (lijevo grubo, desno fino) [10] | 9 |
| Slika. 6. Unutarnje uzdužno tokarenje [11] | 10 |
| Slika. 7. Vanjsko poprečno tokarenje [12] | 10 |
| Slika. 8. Tokarenje navoja [11] | 11 |
| Slika. 9. Konusno tokarenje [8]..... | 11 |
| Slika. 10. Profilno tokarenje (lijevo) i neokruglo tokarenje (desno) [8] | 11 |
| Slika. 11. Obodno ravno glodanje (istosmjerno lijevo, protusmjerno desno) [13] | 13 |
| Slika. 12. Čeono ravno glodanje [14] | 13 |
| Slika. 13. Glodanje T - utora [15] | 14 |
| Slika. 14. Profilno glodanje utora [13] | 14 |
| Slika. 15. Urezivanje navoja [16] | 15 |
| Slika. 16. Odvalno glodanje zupčanika [17] | 15 |
| Slika. 17. Bušenje [19] | 17 |
| Slika. 18. Razvrtavanje [20]..... | 17 |
| Slika. 19. Laser za rezanje limova TriumphTrumatic L3020 [21] | 18 |
| Slika. 20. CNC tračna pila Meba 335 DGA 1000 [21] | 19 |
| Slika. 21. Univerzalna tokarilica D480 [22] | 20 |
| Slika. 22. Troosna CNC glodalica Hartford PRO 1000 [21] | 21 |
| Slika. 23. Horizontalna glodalica bušilica B130S ILR [21] | 22 |
| Slika. 24. Okretni usmjerivač transportnog modula | 23 |
| Slika. 25. Skupine materijala za obradu [20] | 24 |
| Slika. 26. Tokarski nož za vanjsko uzdužno i poprečno tokarenje [20] | 25 |
| Slika. 27. Rezna pločica za tokarenje [20]..... | 25 |
| Slika. 28. Preporučeni parametri obrade za tokarenje [20]..... | 26 |
| Slika. 29. Svrdla za obradu provtra [20] | 27 |
| Slika. 30. Preporučeni parametri obrade za bušenje [20] | 28 |
| Slika. 31. Razvrtalo za obradu provrta [20] | 28 |
| Slika. 32. Rezna pločica i preporučeni parametri obrade za razvrtavanje [20] | 29 |
| Slika. 33. Strojno urezno svrdlo za navoj M6x1 [23]..... | 30 |
| Slika. 34. Preporučeni parametri za obradu urezivanja navoja M6x1 [23] | 30 |
| Slika. 35. Prstasto glodalo za čeonu ravnu i obradu boka [20] | 31 |
| Slika. 36. Preporučeni parametri obrade za prstasto glodala [20] | 31 |
| Slika. 37. Glodača glava za čeonu ravnu obradu [20] | 32 |
| Slika. 38. Rezne pločice za glodaču glavu i preporučeni parametri obrade [20] | 32 |
| Slika. 39. Alat za vanjsko razvrtavanje [24] | 33 |
| Slika. 40. Rezna pločica za vanjsko razvrtavanje [24] | 34 |
| Slika. 41. Preporučeni parametri obrade za vanjsko razvrtavanje [24] | 34 |
| Slika. 42. Specijalna stezna naprava | 42 |
| Slika. 43. Stezanje okretnog usmjerivača transportnog modula na stol stroja kod obrade nosača letve | 43 |
| Slika. 44. Stezanje okretnog usmjerivača transportnog modula na stol stroja kod obrade osovina | 44 |

POPIS TABLICA

| | |
|---|----|
| Tablica. 1. Kemijski sastav nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10 [2] | 3 |
| Tablica. 2. Mehanička svojstva nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10 pri temperaturi 20°C [2] | 3 |
| Tablica. 3. Tehničke karakteristike lasera TrumphTrumatic L3020 | 18 |
| Tablica. 4. Tehničke karakteristike CNC tračne pile Meba 335 DGA 1000 | 19 |
| Tablica. 5. Tehničke karakteristike univerzalne tokarilice D480..... | 20 |
| Tablica. 6. Karakteristike troosne CNC glodalice Hartford PRO 1000 | 21 |
| Tablica. 7. Tehničke karakteristike horizontalne glodalice bušilice B130S ILR..... | 22 |
| Tablica. 8. Tehnološki postupak izrade osovine Ø28x31 | 36 |
| Tablica. 9. Tehnološki postupak izrade ravnog nosača letve..... | 37 |
| Tablica. 10. Tehnološki postupak izrade kosog nosača letve | 38 |
| Tablica. 11. Tehnološki postupak izrade letve..... | 39 |
| Tablica. 12. Tehnološki postupak izrade nosača letve na konačne dimenzije | 40 |
| Tablica. 13. Tehnološki postupak izrade osovina na konačne dimenzije..... | 41 |

POPIS TEHNIČKE DOKUMENTACIJE

| BROJ CRTEŽA | Naziv iz sastavnice |
|--------------------|---|
| 100-100-16 | Okretni usmjerivač transportnog modula |
| 100-101-16 | Dijelovi okretnog usmjerivača transportnog modula |
| 100-102-16 | Letva |
| 200-000-16 | Specijalna stezna naprava |

POPIS OZNAKA

| Oznaka | Jedinica | Opis |
|---------------|-------------------|---------------------------------------|
| v_c | m/min | Brzina rezanja |
| n | min^{-1} | Učestalost vrtnje alata ili obratka |
| v_f | mm/min | Posmična brzina |
| f | mm | Posmak po okretaju |
| f_z | mm/zub | Posmak po zubu |
| D_{sr} | mm | Srednji promjer obratka kod tokarenja |
| a_p | mm | Dubina rezanja |

SAŽETAK

U ovom radu razrađena je tehnologija izrade dijelova transportnog modula koji služi za transport proizvoda u prehrambenoj industriji.

U radu su navedeni uvjeti, propisani od strane Europske grupe higijenskog inženjerstva i dizajna, koje dijelovi transportnog modula moraju zadovoljavati kako bi uopće mogli obavljati funkciju u prehrambenoj industriji. Dan je kratki opis tehnoloških operacija koje su potrebne za izradu dijelova transportnog modula. Nadalje, navedeni su strojevi pomoću kojih je moguće izraditi te dijelove, odabrani su suvremeni rezni alati kojima se smanjuje vrijeme obrade, a povećava kvaliteta izrade dijelova transportnog modula. Na temelju odabranih alatnih strojeva i reznih alata projektiran je tehnološki postupak izrade za okretni usmjerivač transportnog modula, sa svim parametrima obrade. Kako je okretni usmjerivač transportnog modula u osnovi savijena i zavarena konstrukcija većih dimenzija, na nju se zavaruju i montiraju ostali dijelovi čime ona postaje funkcionalna cjelina. Zbog svoje veličine i strogih tolerancija javlja se problem kod stezanja okretnog usmjerivača transportnog modula na stol stroja. Da bi se zadovoljile stroge tolerancije konačnih dimenzija razrađeni su i prikazani načini stezanja pomoću standardnih steznih elemenata, te na mjestima gdje nije moguće koristiti standardne stezne elemente, izrađena je specijalna stezna naprava.

Ključne riječi: Alatni strojevi, Rezni alati, Parametri obrade, Tehnološki postupak izrade, Specijalne stezne naprave

SUMMARY

This paper elaborated the technology of parts of the transport module that is used for transportation of products in the food industry.

The paper lists the conditions, laid down by the European groups of hygienic engineering and design, which parts of the transport module must meet in order to even be able to perform the function in the food industry. There is a short description of technological operations that are required for parts of the transport module being made. Furthermore, the machinery by which it is possible to make these parts are listed, modern cutting tools are selected to reduce processing time and increase the quality of production of parts of a transport module. Based on selected machines and cutting tools, technological process of making the rotating router of transport module is designed, with all processing parameters. As the rotating router of transport module is essentially bent and welded construction of larger dimensions, other components are welded and assembled on it making it a functional unit. Because of its size and strict tolerances, there is a problem when holding the rotating router of transport module on the machine table. In order to meet the strict tolerances of the final dimensions, there were developed and shown ways of tightening using standard clamping elements, and on places where it is not possible to use standard clamping elements, a special clamping device is prepared.

Key words: Machine Tools, Cutting tools, Processing parameters, Technological process of making, Special clamping device

1. UVOD

Transportni modul je dio transportnog sustava za pakiranje proizvoda u prehrambenoj industriji. Da bi dio opreme ili stroj uopće mogao raditi i obavljati svoju funkciju u proizvodnoj atmosferi prehrambene industrije mora zadovoljavati higijenske uvjete Europske grupe higijenskog inženjerstva i dizajna.

Transportni modul sastoji se od više pokretnih traka koje iz proizvodnog pogona transportiraju proizvode u skladište ili otpad ako je proizvod defektan. Okretni usmjerivač transportnog modula povezuje te pokretne trake i služi za preusmjeravanje proizvoda na traku za skladište ako je proizvod ispravan ili na traku za otpad u slučaju defektnog proizvoda. Sastoji se od osnovne savijene zavarene konstrukcije, osovina oko kojih rotira, nosača letve i letve koja se pomoću vijaka pričvršćuje za osnovnu konstrukciju.

Kako se osovine i nosači letve zavaruju za osnovnu konstrukciju njihova obrada nije moguća na konačne dimenzije, nego se obrađuju na približne dimenzije jer uslijed zavarivanja dolazi do deformacija i povećanja dimenzija, te je potrebno te pozicije obrađivati na konačne dimenzije s čitavom konstrukcijom, jer su konačne dimenzije zadane u strogim dužinskim tolerancijama i tolerancijama oblika i položaja.

U nastavku rada su navedene tehnologije i strojevi na kojima je moguće izraditi okretni usmjerivač transportnog modula. Također su u nastavku navedeni rezni alati, stezne naprave i tehnološki postupak izrade dijelova transportnog modula sa parametrima obrade. Kako su zahtijevane tolerancije vrlo male u odnosu na dimenzije, prikazani su načini stezanja čitave konstrukcije na stol stroja standardnim i specijalnim steznim napravama.

1.1. Higijenski uvjeti za dizajn opreme i strojeva

Oprema i strojevi u prehrambenoj industriji koji su u kontaktu sa, ili koji bi mogli doći u kontakt sa prehrambenim proizvodom moraju zadovoljiti posebne uvjete. Također moraju biti otporni na koroziju, netoksični, mehanički stabilni, a njihova završna površina ne smije biti škodljiva pri predviđenim uvjetima korištenja u proizvodnji, dok površine koje ne dolaze u kontakt sa proizvodom moraju biti mehanički stabilne, glatke i lagane za čišćenje. Strojevi i oprema namijenjeni za korištenje u prehrambenoj industriji moraju zadovoljiti uvjete Direktive o sigurnosti strojeva – MD (89/37/EC i 2006/42/EC). Prema toj direktivi oprema i strojevi trebaju biti konstruirati i izrađeni na način da se svi dijelovi i materijali mogu očistiti prije svake upotrebe. U slučaju korištenja dijelova od materijala koji se ne mogu očistiti potrebno je konstruirati te dijelove kao zamjenjive, pazeći da se dijelovi mogu lako zamijeniti.

Najvažniji cilj takvog načina konstruiranja i izrade je sprečavanje mikrobne kontaminacije prehrambenih proizvoda. Kontaminacija može proizaći iz sirovina, ali jednako tako i sam proizvod može biti kontaminiran mikroorganizmima tijekom prerade i pakiranja. Ukoliko je oprema loše higijenski dizajnirana, biti će ju teško očistiti. Nečistoće se mogu zadržati u napuklinama i na nedostupnim mjestima i na taj način omogućiti mikroorganizmima, koji su se tamo nakupili, da prežive i razmnože se. Pri samom dizajnu opreme i strojeva treba voditi računa o higijenskim uvjetima koji moraju biti ispunjeni. Dugoročna korist ovakvog pristupa ne očituje se samo kroz sigurnost i ispravnost hrane, već i kroz moguće produljenje vijeka trajanja i korištenja opreme, te smanjivanja troškova održavanja i sukladno tome, reduciranja troškova proizvodnje. [1]

1.2. Materijali za izradu opreme i strojeva

Materijali koji se koriste za izradu opreme i strojeva za proizvodnju hrane moraju ispunjavati navedene higijenske uvjete. Navedene higijenske i konstrukcijske uvjete ispunjavaju između ostalih nehrđajući čelici, polimeri i elastomeri kao materijali koji su lako dostupni. Nehrđajući čelik kojemu je glavno svojstvo otpornost na koroziju najčešće se primjenjuje u izradi opreme i strojeva u prehrambenoj industriji za nosive dijelove, dijelove u pokretu, te dijelove koji su izloženi povišenim temperaturama. Kako je okretni usmjerivač transportnog modula dio koji rotira, a dijelovi oko kojih rotira naliježu na druge elemente, za njegovu se izradu često koristi nehrđajući čelik X5CrNi18-10 (AISI 304, W. Nr. 1.4301).

1.2.1. Karakteristike nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10

Nehrđajući čelik X5CrNi18-10 je austenitni 18/10 Cr-Ni čelik otporan na kiseline, koji je zbog niskog postotka ugljika otporan na interkristalnu koroziju nakon zavarivanja kod debljine limova do 6mm i bez naknadne toplinske obrade. Primjenjuje se za rad kod povišenih temperatura do 300°C. Ima vrlo dobru obradivost poliranjem i dobru sposobnost preoblikovanja dubokim vučenjem i valjanjem. Prilikom rezanja X5CrNi18-10, potrebno je zbog tendencije ka hladnom učvršćivanju primijeniti oštro brušene alate od brzoreznog čelika ili tvrdog metala. Osim relativno dobre otpornosti na koroziju, dobre plastične obradivosti i otpornosti na temperaturama i do -200 C, nehrđajući čelik X5CrNi18-10 ima nešto stabilnije vrijednosti čvrstoće i tvrdoće uz povećanu istezljivost i malu toplinsku vodljivost. S obzirom da se ne može kaliti, ova slabija svojstva nastoje se kompenzirati povećanjem udjela nekih legiranih elemenata.

Nehrđajući čelik X5CrNi18-10 otporan je na vodu, vodenu paru, vlažnost zraka, konzumne kiseline kao i na slabe organske i anorganske kiseline. Ima višestranu mogućnost primjene npr. u prehrambenoj industriji, proizvodnji pića, mljekarstvu, pivovarama i podrumarstvu, farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji, izradi kemijskih aparata, arhitekturi, automobilske industriji, za kućanske predmete i aparate, sanitarne uređaje te ostale. [2]

U tablici 1. prikazan je kemijski sastav nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10, a u tablici 2. mehanička svojstva nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10 pri temperaturi 20°C.

Tablica. 1. Kemijski sastav nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10 [2]

| C [%] | Si [%] | Mn [%] | P [%] | S [%] | Cr [%] | N [%] | Ni [%] |
|-------|--------|--------|-------|-------|-------------|-------|------------|
| 0,07 | 1,00 | 2,00 | 0,045 | 0,03 | 17,00-19,50 | 0,11 | 8,00-15,00 |

Tablica. 2. Mehanička svojstva nehrđajućeg čelika X5CrNi18-10 pri temperaturi 20°C [2]

| | | |
|---|-------------------|-----------|
| Vlačna čvrstoća [N/mm ²] | R _m | 500 - 700 |
| Granica razvlačenja [N/mm ²] | R _{p0,2} | ≥ 190 |
| Tvrdoća [po Brinellu] | HB | ≤ 215 |
| Istezljivost [%] | A ₅ | ≥ 45 |
| Udarni rad loma [J] | KU | ≥ 100 |

1.3. Dizajn i izrada opreme i strojeva

1.3.1. Površine i geometrija

Kod dizajniranja i izrade opreme i strojeva, površine moraju biti lagane/prilagođene za čišćenje i ne smiju predstavljati toksikološku opasnost ispuštanjem svojih komponenata u hranu. Površine u kontaktu s proizvodom moraju biti izrađene od neapsorbirajućih materijala i moraju zadovoljavati zahtjeve o hrapavosti površina [1].

Površine u kontaktu s proizvodom moraju biti bez nepravilnosti, kao što su pukotine. Zato je potrebno:

- izbjegavati direktne spojeve metal na metal osim pri zavarivanju,
- izbjegavati nepravilno postavljanje opreme i spajanje cijevi,
- ako se koriste zavari i brtve, oni ne smiju sadržavati pukotine u kojima se mogu zadržavati nečistoća i gdje se mogu nakupljati i razmnožavati bakterije,
- svakako izbjegavati kontakt proizvoda s navojima vijaka,
- kutovi bi trebali imati radijus jednak ili veći od 6 mm; minimalni radijus iznosi 3 mm

Ukoliko se koriste kod brtvljenja, kutovi trebaju biti što oštrije da bi tvorili čvrstu brtvu u točki najbližoj proizvodu. Sve površine u kontaktu s proizvodom moraju biti lagano dostupne za vizualnu provjeru i ručno čišćenje, ili mora biti dokazano kako se rutinskim čišćenjem otklanjaju sve nečistoće [1].

1.3.2. Hrapavost površina

Površine u kontaktu s proizvodom moraju imati završni sloj s prihvatljivim Ra vrijednostima te biti bez nepravilnosti kao što su utori, pregibi i pukotine (za definiciju Ra pogledati ISO 4287:1997). Velike površine koje dolaze u kontakt s proizvodom moraju imati srednje aritmetičko odstupanje završnog sloja $Ra=0,8 \mu m$ ili manji. Mogućnost čišćenja strogo ovisi o primijenjenoj tehnologiji završne obrade, koja utječe na topografiju površine [1].

2. TEHNOLOŠKE OPERACIJE POTREBNE ZA IZRADU DIJELOVA TRANSPORTNOG MODULA

2.1. Rezanje laserom

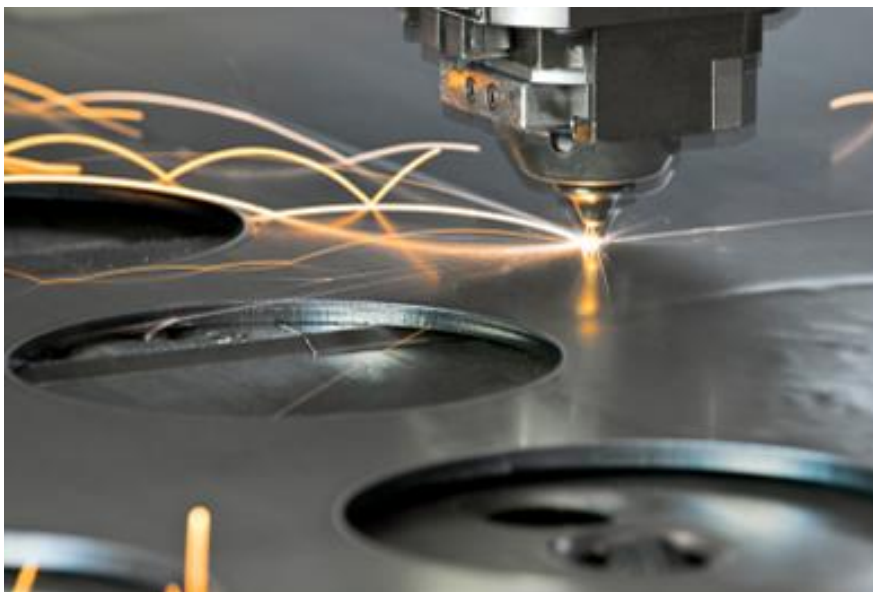
Rezanje laserom spada u nekonvencionalne postupke obrade metala takozvana obrada odnošenjem. Kod obrade odnošenjem alat za obradu nije tvrdi od obratka i nema reznog klina, nema kontakta i mehaničkih sila između alata i obratka, a mehanička svojstva obratka (tvrdoća, čvrstoća, žilavost...) ne utječu na proizvodnost obrade ali fizikalna svojstva da (električna vodljivost, toplinska vodljivost). [3]

Rezanje laserom predstavlja najzastupljeniji tip obrade laserom. Bit procesa rezanja laserom je u tome da materijal, uslijed djelovanja laserskog snopa, u što kraćem vremenu ispari uslijed djelovanja laserskog snopa i odvede iz zone djelovanja. Laserski snop pada na površinu predmeta koji se obrađuje. U prvom trenutku gornji sloj površine ispari, dok je sljedeći sloj zagrijan do temperature taljenja. Čim je ispareni materijal napustio zonu djelovanja, laserski snop pada na sad već zagrijani sljedeći sloj materijala i izaziva njegovo isparavanje ili izgaranje čime nastaje procjep u obratku. Pomicanjem laserskog snopa po određenom pravcu ili zadanoj konturi nastaje željeni rez. Da bi se ispareni materijal što prije odveo iz zone djelovanja laserskog snopa, za vrijeme rezanja laserom izvodi se puhanje plina kroz sapnicu oko laserskog snopa. Puhanjem plina za vrijeme obrade povećava se brzina rezanja i do 40%. Kod rezanja laserom najčešće se koriste plinovi kisik iz boce, dušik iz boce i zrak iz atmosfere. Iako je zrak najdostupniji i besplatan plin, za njegovo korištenje potreban je sustav za pročišćavanje zraka pa se kod manjih kapaciteta koriste kisik i dušik iz boca.

U odnosu na druge vrste rezanje laserom može se primjenjivati za rezanje svih materijala osim visoko reflektirajućih metala (zlato, srebro...) koji zahtijevaju korištenje velikih količina energije tijekom postupka rezanja.

Prednosti rezanja laserom su mala širina reza i visoka kvaliteta obrađene površine koja ne zahtijeva naknadnu obradu, te tako skraćuje ukupno vrijeme izrade proizvoda i veći udio iskorištenog materijala. [4]

Postupak rezanja laserom prikazan je na slici 1.



Slika. 1. Postupak rezanja laserom [5]

2.2. Piljenje

Piljenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava u svrhu dijeljenja priprema (šipke, profili, cijevi) na više komada (izradaka) koji u slijedećoj fazi tehnološkog procesa postaju pripremci, za neki drugi postupak obrade. Piljenje se izvodi se na alatnim strojevima, pilama, ili rjeđe ručno, pri čemu je glavno (režno) i posmično gibanje pridruženo alatu. Vrsta gibanja određena je vrstom postupka piljenja.

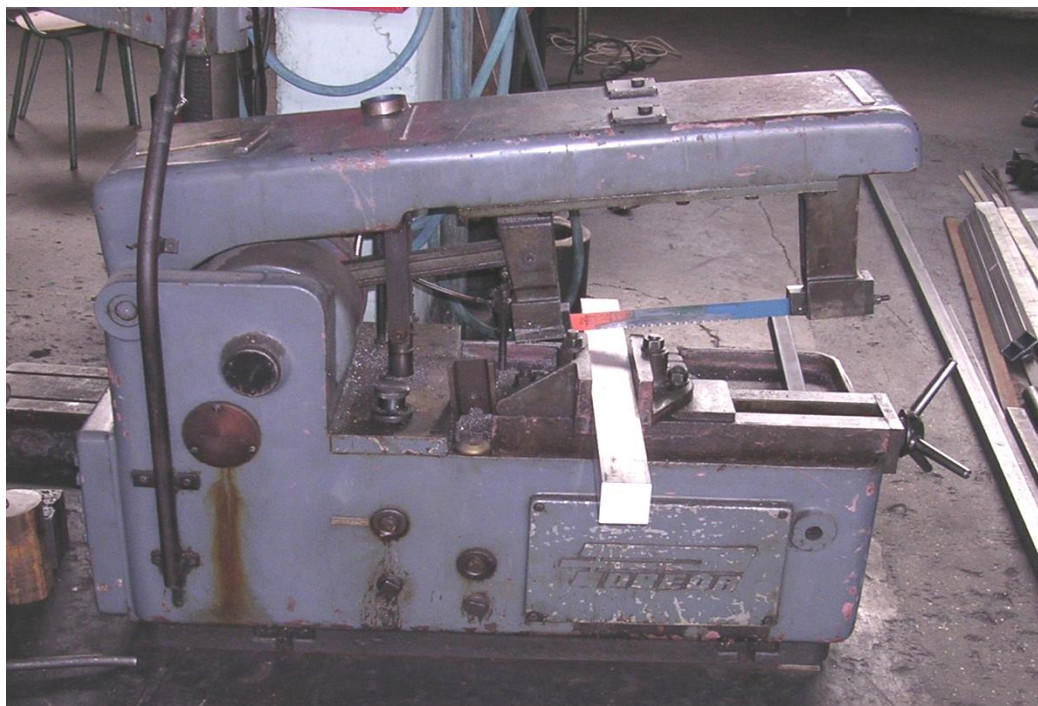
Alat (pila), ima više reznih oštrica, od kojih je samo nekoliko istovremeno u radu. Rezne oštrice se nalaze na zubima koji su smješteni na obodu pile. Rezne oštrice periodično ulaze u zahvat s obratkom i izlaze iz njega tako da im je dinamičko opterećenje jedno od osnovnih obilježja. Pile se izrađuju od alatnog i brzoreznog čelika, a mogu biti s umetnutim zupcima od brzoreznog čelika ili tvrdog metala. [6]

Postupci strojnog piljenja dijele se na:

- okvirno piljenje,
- tračno piljenje i
- kružno piljenje.

Navedeni postupci strojnog piljenja prikazani su na slikama u nastavku.

Slika 2. prikazuje okvirno piljenje koje se danas gotovo više ne upotrebljava, jer je spor način strojnog piljenja zbog praznog povratnog hoda. Proces piljenja odvija se samo u jednom (reznom) hodu.



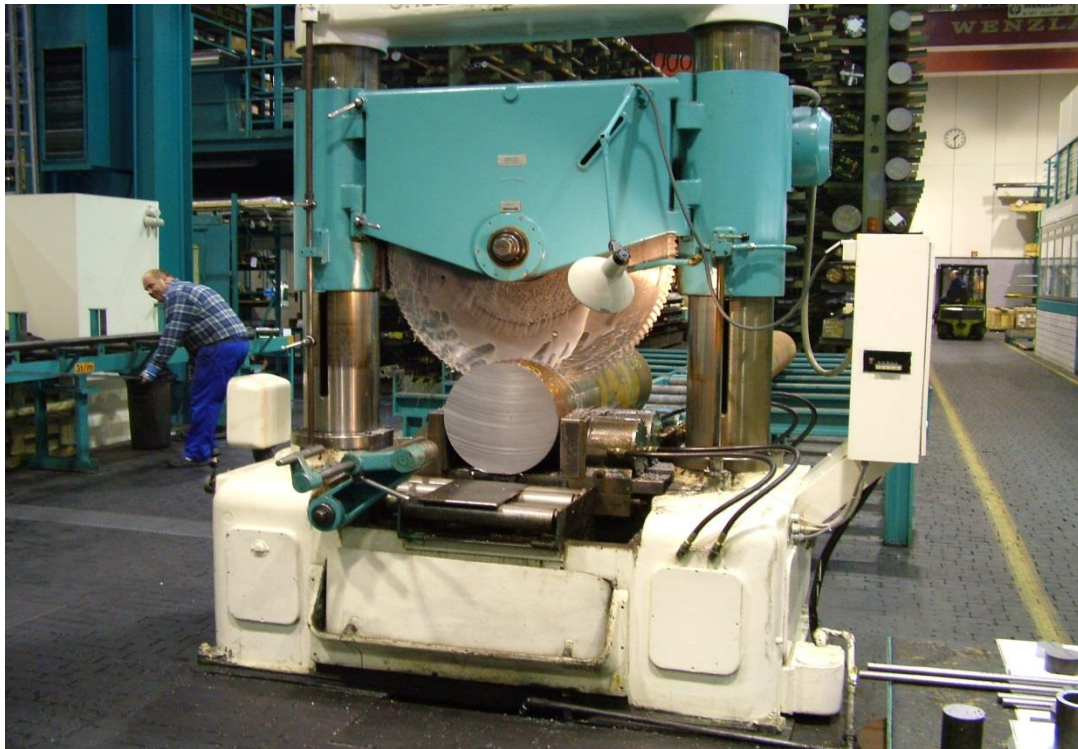
Slika. 2. Okvirno piljenje [6]

Slika 3. prikazuje tračno piljenje koje je danas najčešći i najrašireniji postupak strojnog piljenja, a upotrebljava se za piljenje šipki, profila i cijevi srednjih dimenzija.



Slika. 3. Tračno piljenje [7]

Slika 4. prikazuje kružno piljenje koje se upotrebljava za piljenje šipki, profila i cijevi velikih dimenzija i masa.



Slika. 4. Kružno piljenje [6]

2.3. Tokarenje

Tokarenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) pretežno rotacijskih (simetričnih i nesimetričnih, okruglih i neokruglih) površina. Tokarenje se izvodi se na različitim vrstama alatnih strojeva, ali pretežito na tokarilicama. Glavno (režno) gibanje je kružno kontinuirano gibanje i pridruženo je obradku. Posmično gibanje pridruženo je alatu, i u osnovi je pravolinijsko kontinuirano, u pravcu paralelnom osi rotacije obradka (os "Z") ili u pravcu okomitom na os rotacije (os "X"). Kada su, u određenom omjeru, uključena posmična gibanja u obadvije osi, nastaje posmično gibanje krivuljnog oblika. [8] Alat za tokarenje je tokarski nož koji se sastoji od držača koji služi za prihvrat reznog alata na alatni stroj i za prijenos sila rezanja na nosač alata i reznog dijela koji obavlja proces rezanja i ima jednu reznju oštricu definirane geometrije. Danas je uobičajeno da je rezni dio tokarskog noža rezna pločica, koja može biti od različitih materijala i mehanički je pričvršćena za držač tokarskog noža. [9]

Tokarenje se može podijeliti na osnovi više kriterija podjele [8]:

- Prema proizvedenoj kvaliteti obrađene površine: grubo, završno (čisto) i fino tokarenje,
- Prema kinematici postupka: uzdužno, poprečno i istovremeno uzdužno i poprečno,
- Prema položaju obrađene površine: vanjsko i unutarnje,
- Prema obliku obrađene površine (elementarne površine): okruglo, plansko (poprečno), konusno, profilno, oblikovno (kopirno), tokarenje navoja i neokruglo.

Vrste tokarenje prikazane su na slikama u nastavku.

Slika 5. prikazuje vanjsko uzdužno tokarenje.



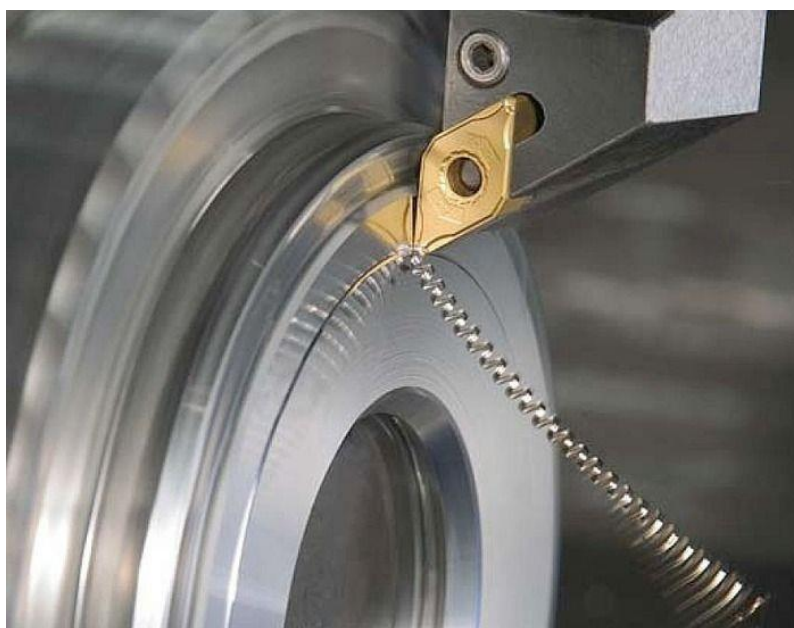
Slika. 5. Vanjsko uzdužno tokarenje (lijevo grubo, desno fino) [10]

Slika 6. prikazuje unutarnje uzdužno tokarenje.



Slika. 6. Unutarnje uzdužno tokarenje [11]

Slika 7. prikazuje vanjsko poprečno tokarenje.



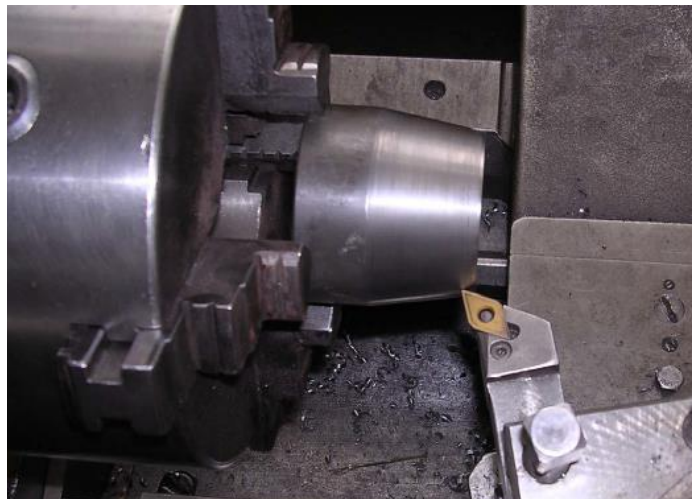
Slika. 7. Vanjsko poprečno tokarenje [12]

Slika 8. prikazuje tokarenje navoja.



Slika. 8. Tokarenje navoja [11]

Slika 9. prikazuje konusno tokarenje.



Slika. 9. Konusno tokarenje [8]

Slika 10. prikazuje profilno i neokruglo tokarenje.



Slika. 10. Profilno tokarenje (lijevo) i neokruglo tokarenje (desno) [8]

2.4. Glodanje

Glodanje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) obradnih površina proizvoljnih oblika. Glodanje se izvodi se na alatnim strojevima, pretežno na glodalicama i obradnim centrima, pri čemu je glavno (rezo) gibanje kružno kontinuirano i pridruženo je alatu. Posmično gibanje je kontinuirano, proizvoljnog oblika i smjera i pridruženo je obradku ili alatu ili kombinirano obratku i alatu. Os okretanja glavnog gibanja zadržava svoj položaj prema alatu bez obzira na smjer brzine posmičnog gibanja

Alat za glodanje je glodalo definirane geometrije rezanog dijela, s više glavnih reznih oštrica koje se nalaze na zubima glodala. Rezne oštrice periodično ulaze u zahvat s obratkom i izlaze iz njega tako da im je dinamičko opterećenje jedno od osnovnih obilježja. Istodobno je u zahvatu s obratkom samo nekoliko reznih oštrica. Postoji više kriterija podjele glodala, a najčešće se dijele po obliku i namjeni: valjkasta, čeona, vretenasta s ravnom ili kuglastom čelnom plohom, pločasta s pravokutnim ili profilnim poprečnim presjekom, pilasta glodala, odvalna glodala te glodala posebnih oblika.[13]

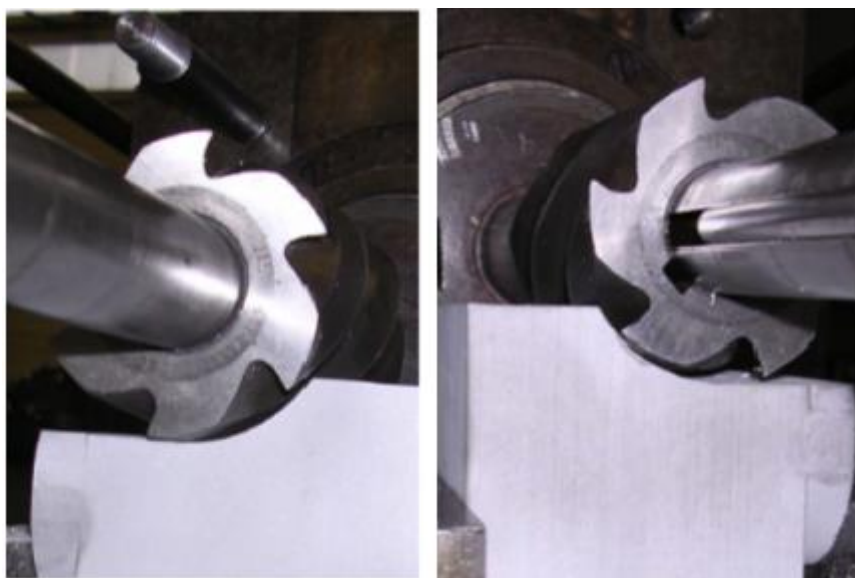
Rezni dio glodala izrađuje se od materijala znatno veće tvrdoće od obrađivanog materijala, a najčešće se koriste brzorezni čelici, tvrdi metali, cermet, keramika te kubni nitrid bora. I kod glodala je njegov rezni dio rezna pločica, koja može biti od navedenih reznih materijala i mehanički je pričvršćena za tijelo glodala ali vrlo često se cijelo glodalo (rezn dio i drška) izrađuju od navedenih reznih materijala. [9]

Glodanje se može podijeliti na osnovi više kriterija podjele [13]:

- Prema proizvedenoj kvaliteti obrađene površine: grubo, završno i fino glodanje,
- Prema kinematici postupka: istosmjerno i protusmjerno,
- Prema položaju reznih oštrica na glodalu: obodno i čeono,
- Prema obliku obrađene površine (elementarne površine): ravno (plansko), okretno (okruglo i neokruglo),profilno (glodanje utora raznih profila, modulno glodanje), odvalno, oblikovno (kopirno ili CNC).

Vrste glodanja prikazane su na slikama u nastavku.

Slika 11. prikazuje obodno ravno glodanje.



Slika. 11. Obodno ravno glodanje (istosmjerno lijevo, protusmjerno desno) [13]

Slika 12. prikazuje čono ravno glodanje.



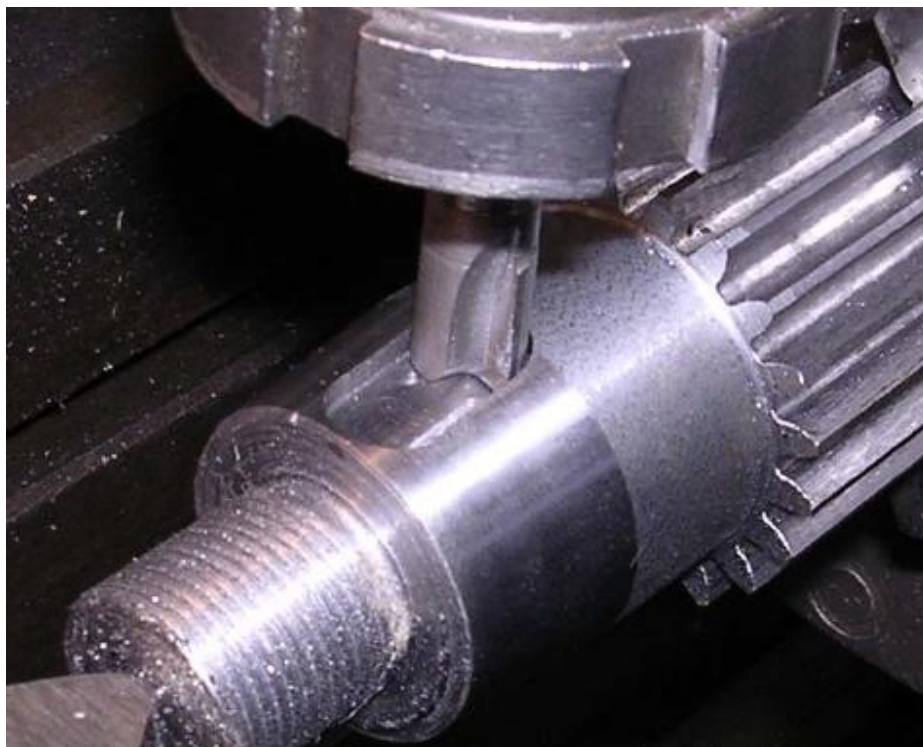
Slika. 12. Čono ravno glodanje [14]

Slika 13. prikazuje glodanje T – utora.



Slika. 13. Glodanje T - utora [15]

Slika 14. prikazuje profilno glodanje utora.



Slika. 14. Profilno glodanje utora [13]

Slika 15. prikazuje urezivanje navoja.



Slika. 15. Urezivanje navoja [16]

Slika. 16. prikazuje odvalno glodanje zupčanika.



Slika. 16. Odvalno glodanje zupčanika [17]

2.5. Bušenje i razvrtavanje

Bušenje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava za bušenje provrta manjih promjera ili za proširivanje na provrte većih promjera. Izvodi se na različitim vrstama alatnih strojeva, ali pretežno na bušilicama, pri čemu je glavno gibanje kružno kontinuirano, a posmično gibanje pravolinijsko kontinuirano i izvodi se istodobno kad i glavno gibanje. Ako se obrada izvodi na bušilicama sva gibanja izvodi alat.

Bušenje karakterizira:

- mala krutost sustava.
- otežano odvođenje odvojene čestice i dovod SHIP-a,
- promjenjiva brzina rezanja duž glavne oštrice,
- promjenjivi kutovi rezanja duž glavne oštrice

Alat za bušenje je svrdlo, definirane geometrije reznog dijela, s dvije glavne rezne oštrice i jednom poprečnom oštricom koja otežava obradu. Svrdla se dijele na: spiralna svrdla, svrdla za središnje uvrte te posebna svrdla za duboko bušenje.

Rezni dio svrdla izrađuje se od materijala znatno veće tvrdoće od obrađivanog materijala, a najčešće se koriste brzorezni čelik i tvrdi metal. [18]

Razvrtavanje je postupak obrade odvajanjem čestica (rezanjem) koji se upotrebljava nakon bušenja za konačnu, finiju i precizniju obradu već izbušenih provrta, do klase obrade N5. Izvodi se na alatnim strojevima, pretežno bušilicama, pri čemu je glavno gibanje kružno kontinuirano, a posmično gibanje pravolinijsko kontinuirano i izvodi se istodobno kad i glavno gibanje. Ako se obrada izvodi na bušilicama sva gibanja izvodi alat.

Alat za razvrtavanje je razvrtalo, definirane geometrije reznog dijela, s više od dvije glavne rezne oštrice. [18]

Postupci obrade provrta bušenje i razvrtavanje prikazani su na slikama u nastavku.

Slika 17. prikazuje operaciju bušenja.



Slika. 17. Bušenje [19]

Slika 18. prikazuje razvrtavanje provrta.



Slika. 18. Razvrtavanje [20]

3. STROJEVI ZA IZRADU DIJELOVA TRANSPORTNOG MODULA

3.1. Laser za rezanje limova

Za rezanje limova koji se koriste u izradi dijelova transportnog modula koristi se laser proizvođača Trumpf instalirane snage 3,2 kW. Laser za rezanje prikazan je na slici 19., a njegove karakteristike dane su u tablici 3.



Slika. 19. Laser za rezanje limova Trumpf Trumatic L3020 [21]

Tablica. 3. Tehničke karakteristike lasera Trumpf Trumatic L3020

| TRUMPH TRUMATIC L3020 | | |
|--|----|------|
| Radno područje | | |
| x-os | mm | 3000 |
| y-os | mm | 1500 |
| z-oa | mm | 115 |
| Maksimalna debljina rezanja materijala | | |
| Čelik | mm | 20 |
| Nehrđajući čelik | mm | 12 |
| Aluminij | mm | 8 |
| Snaga | kW | 3.2 |

3.2. CNC tračna pila

Za piljenje pripremaka (profila) koji se koriste u izradi dijelova transportnog modula koristi se CNC tračna pila proizvođača Meba. Tračna pila prikazana je na slici 20., a njezine tehničke karakteristike dane su u tablici 4.



Slika. 20. CNC tračna pila Meba 335 DGA 1000 [21]

Tablica. 4. Tehničke karakteristike CNC tračne pile Meba 335 DGA 1000

| MEBA 335 DGA 1000 | | |
|------------------------------|-------|----------------|
| Težina | kg | 2220 |
| Radna visina | mm | 750 |
| Dimenzija (L x V x Š) | mm | 2880x2300x1900 |
| Maksimalna dimenzije rezanja | mm | Ø320/320x320 |
| Min. dimenzije rezanja | mm | Ø5 |
| Brzina rezanja pile | m/min | 15-150 |
| Dimenzije lista pile | mm | 4400x34x1.1 |
| Snaga motora | KW | 30 AC |

3.3. Univerzalna tokarilica

Za tokarenje osovina oko kojih rotira okretni usmjerivač transportnog modula koristi se univerzalna tokarilica D480 proizvođača Prvomajska. Univerzalna tokarilica prikazana je na slici 21., a njezine tehničke karakteristike dane su u tablici 5.



Slika. 21. Univerzalna tokarilica D480 [22]

Tablica. 5. Tehničke karakteristike univerzalne tokarilice D480

| UNIVERZALNA TOKARILICA D480 | | |
|-----------------------------------|-------|---------|
| Težina | kg | 2870 |
| Snaga motora | kW | 11 |
| Učestalost vrtnje vretena | 1/min | 25-2800 |
| Promjer tokarenja nad posteljom | mm | 485 |
| Promjer tokarenja nad suportom | mm | 270 |
| Izdanak glavnog vretena DIN 55027 | | A6 |
| Povrat glavnog vretena | mm | 62 |
| Dužina tokarenja | mm | 1500 |

3.4. CNC troosna glodalica

Za obradu nosača letve i same letve koristi se troosna CNC glodalica Hartford PRO 1000 proizvođača Hartford. Troosna CNC glodalica prikazana je na slici 22., a njezine tehničke karakteristike dane su u tablici 6.



Slika. 22. Troosna CNC glodalica Hartford PRO 1000 [21]

Tablica. 6. Karakteristike troosne CNC glodalice Hartford PRO 1000

| HARTFORD PRO 1000 | | |
|----------------------------|-------|------------|
| Radni prostor | mm | 1150-600 |
| Maksimalna nosivost stola | kg | 700 |
| X-os | mm | 1000 |
| Y-os | mm | 600 |
| Z-os | mm | 630 |
| Snaga na vretenu | kW | 11 |
| Učestalost vrtnje vretena | 1/min | 6000-12000 |
| Spremište alata | kom. | 24 |
| Konusni prihvat alata BT40 | | |

3.5. Horizontalna glodalica bušilica

Za obradu okretnog usmjerivača transportnog modula na konačne dimenzije koristi se horizontalna glodalica bušilica B130S ILR. Horizontalna glodalica bušilica B130S ILR prikazana je na slici 23., a njezine tehničke karakteristike dane su u tablici 7.



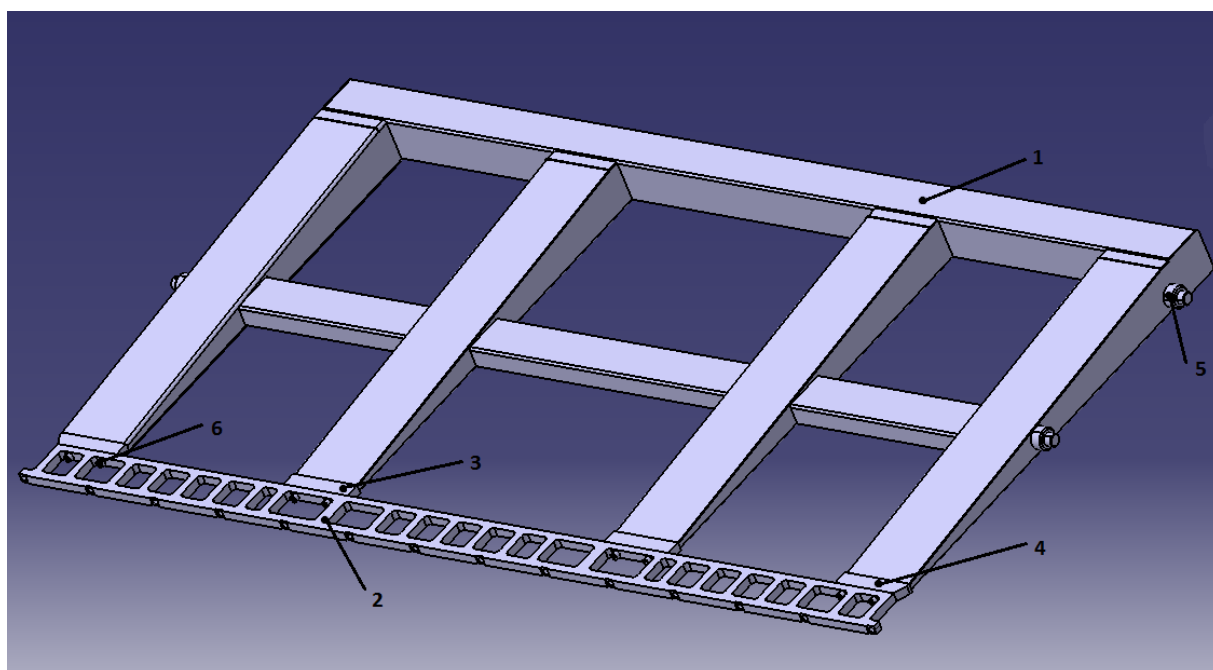
Slika. 23. Horizontalna glodalica bušilica B130S ILR [21]

Tablica. 7. Tehničke karakteristike horizontalne glodalice bušilice B130S ILR

| HORIZONTALNA GLODALICA BUŠILICA B130S ILR | | |
|---|----|-----------|
| Maksimalna nosivost stola | kg | 8000 |
| Veličina radnog stola | mm | 1500x1700 |
| HOD STROJA | | |
| Poprečno pomicanje radnog stola | mm | X=2200 |
| Vertikalno pomicanje vretena | mm | Y=1600 |
| Izvlačenje radnog vretena | mm | Z=900 |
| Uzdužno pomicanje radnog stola | mm | W=1600 |

4. ODABIR REZNIH ALATA I TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE DIJELOVA TRANSPORTNOG MODULA

Okretni usmjerivač transportnog modula, prikazan na slici 24., sastoji se od osnovne savijene i zavarene konstrukcije (pozicija 1), letve (pozicija 2), dva ravna nosača letve u sredini (pozicija 3), dva skošena nosača letve na krajevima (pozicija 4), četiri osovine (pozicija 5) i osam vijaka pomoću kojih se letva pričvršćuje za nosače (pozicija 6).



Slika. 24. Okretni usmjerivač transportnog modula

4.1. Odabir reznih alata

Rezni alati koji su izabrani u nastavku za obradu dijelova transportnog modula izabrani su iz kataloga proizvođača reznih alata Iscar, osim specijalnog alata za rastokarivanje proizvođača D'Andrea i ureznog svrdla proizvođača Walter Titex. Kako se pojedini dijelovi transportnog modula obrađuju na univerzalnim strojevima koji nemaju kontinuirani promjenu učestalosti vrtnje, rezni alati za te obrade odabrani su po kriteriju da se postigne što bolja brzina rezanja tijekom obrade. Dijelovi transportnog modula su od nehrđajućeg čelika pa odabiremo rezne alate koji mogu obrađivati skupinu materijala M (žuta skupina, broj 14) prikazano na slici 25.

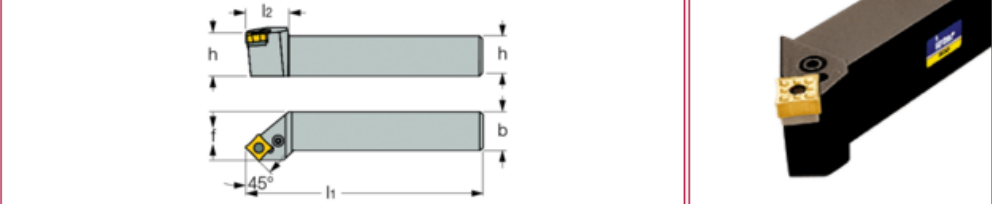
| ISO | Material | Condition | Tensile Strength [N/mm ²] | Hardness HB | Material No. ⁽¹⁾ |
|-----|--|----------------------------------|---------------------------------------|-------------|-----------------------------|
| P | Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel | < 0.25 %C Annealed | 420 | 125 | 1 |
| | | >= 0.25 %C Annealed | 650 | 190 | 2 |
| | | < 0.55 %C Quenched and tempered | 850 | 250 | 3 |
| | | >= 0.55 %C Annealed | 750 | 220 | 4 |
| | | >= 0.55 %C Quenched and tempered | 1000 | 300 | 5 |
| | Low alloy steel and cast steel (less than 5% of alloying elements) | Annealed | 600 | 200 | 6 |
| | | Quenched and tempered | 930 | 275 | 7 |
| | | | 1000 | 300 | 8 |
| | | | 1200 | 350 | 9 |
| | High alloy steel, cast steel, and tool steel | Annealed | 680 | 200 | 10 |
| | | Quenched and tempered | 1100 | 325 | 11 |
| M | Stainless steel and cast steel | Ferritic/martensitic | 680 | 200 | 12 |
| | | Martensitic | 820 | 240 | 13 |
| | | Austenitic | 600 | 180 | 14 |
| K | Grey cast iron (GG) | Ferritic/pearlitic | | 180 | 15 |
| | | Pearlitic/martensitic | | 260 | 16 |
| | Ductile cast iron (nodular) (GGG) | Ferritic | | 160 | 17 |
| | | Pearlitic | | 250 | 18 |
| | Malleable cast iron | Ferritic | | 130 | 19 |
| | | Pearlitic | | 230 | 20 |
| N | Aluminum-wrought alloy | Not cureable | | 60 | 21 |
| | | Cured | | 100 | 22 |
| | Aluminum-cast, alloyed | <=12% Si Not cureable | | 75 | 23 |
| | | <=12% Si Cured | | 90 | 24 |
| | | >12% Si High temperature | | 130 | 25 |
| | Copper alloys | >1% Pb Free cutting | | 110 | 26 |
| | | Brass | | 90 | 27 |
| | | Electrolitic copper | | 100 | 28 |
| | Non-metallic | Duroplastics, fiber plastics | | | 29 |
| S | High temp. alloys | Fe based Annealed | | 200 | 31 |
| | | Fe based Cured | | 280 | 32 |
| | | Ni or Co based Annealed | | 250 | 33 |
| | | Ni or Co based Cured | | 350 | 34 |
| | | Cast | | 320 | 35 |
| | | | RM 400 | | 36 |
| | Titanium and Ti alloys | Alpha+beta alloys cured | RM 1050 | | 37 |
| | | | | | |
| H | Hardened steel | Hardened | | 55 HRc | 38 |
| | | Hardened | | 60 HRc | 39 |
| | Chilled cast iron | Cast | | 400 | 40 |
| | Cast iron | Hardened | | 55 HRc | 41 |

Slika. 25. Skupine materijala za obradu [20]


4.1.1. Alat za tokarenje

Na slici 26. prikazan je tokarski nož za vanjsko uzdužno i poprečno tokarenje, na slici 27. je prikazana rezna pločica i preporučeni parametri obrade prikazani su na slici 28.

ISOTURN
PQSNR/L : External 45° lead toolholders for negative inserts with four 80° corners.



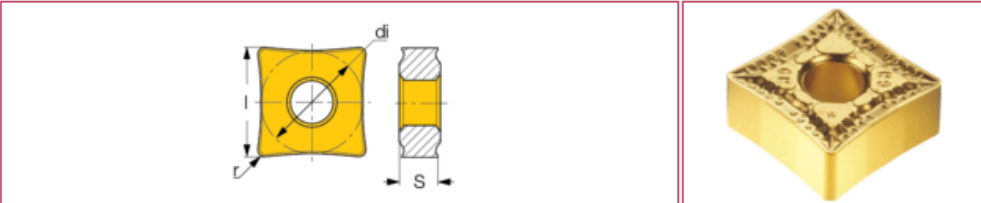

Right-hand shown



| Designation | h | b | l1 | l2 | f | Ga° | Gr° | R/L |
|-----------------|------|------|--------|------|------|------|------|-----|
| PQ SNL 2525M-12 | 25.0 | 25.0 | 150.00 | 30.0 | 32.0 | -4.5 | -5.5 | L |
| PQ SNR 2525M-12 | 25.0 | 25.0 | 150.00 | 30.0 | 32.0 | -4.5 | -5.5 | R |

Slika. 26. Tokarski nož za vanjsko uzdužno i poprečno tokarenje [20]

ISOTURN
QNMG-GN : Double-sided insert for medium- and semi-roughing on steel and cast iron with four 80° corners and secure cutting edge.

| Designation | l | di | S | r | ft (min) | ft (max) | ap (min) | ap (max) | Tough ← Hard Grade & Vc |
|----------------|-------|-------|------|------|----------|----------|----------|----------|----------------------------------|
| QNMG 090408-GN | 10.32 | 9.52 | 4.76 | 0.80 | 0.16 | 0.45 | 1.00 | 4.50 | IC830 IC3028 C8150 |
| QNMG 120408-GN | 13.33 | 12.70 | 4.76 | 0.80 | 0.16 | 0.45 | 1.00 | 4.50 | IC830 IC3028 IC8250 IC8150 IC428 |
| QNMG 120412-GN | 13.25 | 12.70 | 4.76 | 1.20 | 0.22 | 0.50 | 1.50 | 5.00 | IC830 IC3028 IC8250 IC8150 IC428 |

Slika. 27. Rezna pločica za tokarenje [20]

| Cutting Speed for: QNMG 090408-GN IC3028 - 5504293 | | | | |
|--|----------|--|---------------------------|-------------------------------|
| ISO | Material | Material Description | Material Condition | Cutting Speed Recommendations |
| P | 1 | Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel <0.25%C. | Annealed :125 | 120-200 m/min |
| P | 2 | Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel >=0.25%C. | Annealed :190 | 100-170 m/min |
| P | 3 | Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel <0.55%C. | Quench and tempered. :250 | 80-150 m/min |
| P | 4 | Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel >=0.55%C. | Annealed :220 | 90-160 m/min |
| P | 5 | Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel >=0.55%C. | Quenched & tempered. :300 | 80-130 m/min |
| P | 6 | Low alloy & cast steel (less than 5% of alloying elements). | Annealed :200 | 80-150 m/min |
| P | 7 | Low alloy & cast steel (less than 5% of alloying elements). | Quenched & tempered :275 | 70-130 m/min |
| P | 8 | Low alloy & cast steel (less than 5% of alloying elements). | Quenched & tempered :300 | 60-120 m/min |
| P | 9 | Low alloy & cast steel (less than 5% of alloying elements). | Quenched & tempered :350 | 50-100 m/min |
| P | 10 | High alloyed steel, cast steel and tool steel. | Annealed :200 | 80-130 m/min |
| P | 11 | High alloyed steel, cast steel and tool steel. | Quenched & tempered :325 | 50-100 m/min |
| P | 12 | Stainless steel and cast steel. | Ferritic/martensitic :200 | 60-160 m/min |
| P | 13 | Stainless steel and cast steel. | Martensitic :240 | 50-180 m/min |
| M | 14 | Stainless steel and cast steel. | Austenitic :180 | 50-150 m/min |
| S | 31 | High temp. alloys Fe based. | Annealed :200 | 30-40 m/min |
| S | 32 | High temp. alloys Fe based. | Cured :280 | 20-30 m/min |
| S | 33 | High temp. alloys. Ni or Co based. | Annealed :250 | 20-25 m/min |
| S | 34 | High temp. alloys. Ni or Co based. | Cured :350 | 10-20 m/min |
| S | 35 | High temp. alloys. Ni or Co based. | Cast :320 | 15-25 m/min |

Slika. 28. Preporučeni parametri obrade za tokarenje [20]

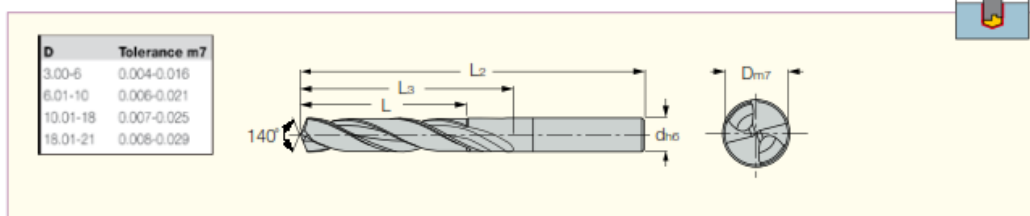
4.1.2. Alati za obradu provrta

Na slici 29. prikazana su svrdla potrebna za izradu provrta na pozicijama transportnog modula , a na slici 30. su prema literaturi [20] prikazani preporučeni parametri obrade za bušenje.

SOLIDDRILL

SCD-AG5 (5xD)

Solid Carbide Drills without Coolant Holes, Drilling Depth 5xD, DIN 6537



| Designation | Dimensions | | | | | | IC908 |
|---------------------|------------|------|------|----------------|----------------|--------------------|-------|
| | D | d | L | L ₁ | L ₂ | T ₁ (H) | |
| SCD 030-023-060 AG5 | 3.00 | 6.00 | 23.0 | 28.0 | 66.0 | M3 | ● |
| SCD 031-023-060 AG5 | 3.10 | 6.00 | 23.0 | 28.0 | 66.0 | - | ● |
| SCD 032-023-060 AG5 | 3.20 | 6.00 | 23.0 | 28.0 | 66.0 | - | ● |
| SCD 033-023-060 AG5 | 3.30 | 6.00 | 23.0 | 28.0 | 66.0 | - | ● |
| SCD 034-023-060 AG5 | 3.40 | 6.00 | 23.0 | 28.0 | 66.0 | M4 | ● |
| SCD 035-023-060 AG5 | 3.50 | 6.00 | 23.0 | 28.0 | 66.0 | - | ● |
| SCD 036-023-060 AG5 | 3.60 | 6.00 | 23.0 | 28.0 | 66.0 | - | ● |
| SCD 037-023-060 AG5 | 3.70 | 6.00 | 23.0 | 28.0 | 66.0 | - | ● |
| SCD 038-029-060 AG5 | 3.80 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 039-029-060 AG5 | 3.90 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 040-029-060 AG5 | 4.00 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 041-029-060 AG5 | 4.10 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 042-029-060 AG5 | 4.20 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 043-029-060 AG5 | 4.30 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | M5 | ● |
| SCD 044-029-060 AG5 | 4.40 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 045-029-060 AG5 | 4.50 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 046-029-060 AG5 | 4.60 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 047-029-060 AG5 | 4.70 | 6.00 | 29.0 | 36.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 048-035-060 AG5 | 4.80 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 74.0 | - | ● |
| SCD 049-035-060 AG5 | 4.90 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 050-035-060 AG5 | 5.00 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 051-035-060 AG5 | 5.10 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | M6 | ● |
| SCD 052-035-060 AG5 | 5.20 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 053-035-060 AG5 | 5.30 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 054-035-060 AG5 | 5.40 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 055-035-060 AG5 | 5.50 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 056-035-060 AG5 | 5.60 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 057-035-060 AG5 | 5.70 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 058-035-060 AG5 | 5.80 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 059-035-060 AG5 | 5.90 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | - | ● |
| SCD 060-035-060 AG5 | 6.00 | 6.00 | 35.0 | 44.0 | 82.0 | M7 | ● |
| SCD 061-043-080 AG5 | 6.10 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 062-043-080 AG5 | 6.20 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 063-043-080 AG5 | 6.30 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 064-043-080 AG5 | 6.40 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 065-043-080 AG5 | 6.50 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 066-043-080 AG5 | 6.60 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 067-043-080 AG5 | 6.70 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 068-043-080 AG5 | 6.80 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 069-043-080 AG5 | 6.90 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 070-043-080 AG5 | 7.00 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 071-043-080 AG5 | 7.10 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 072-043-080 AG5 | 7.20 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 073-043-080 AG5 | 7.30 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 074-043-080 AG5 | 7.40 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 075-043-080 AG5 | 7.50 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 076-043-080 AG5 | 7.60 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 077-043-080 AG5 | 7.70 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 078-043-080 AG5 | 7.80 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | M9 | ● |
| SCD 079-043-080 AG5 | 7.90 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |
| SCD 080-043-080 AG5 | 8.00 | 8.00 | 43.0 | 53.0 | 91.0 | - | ● |

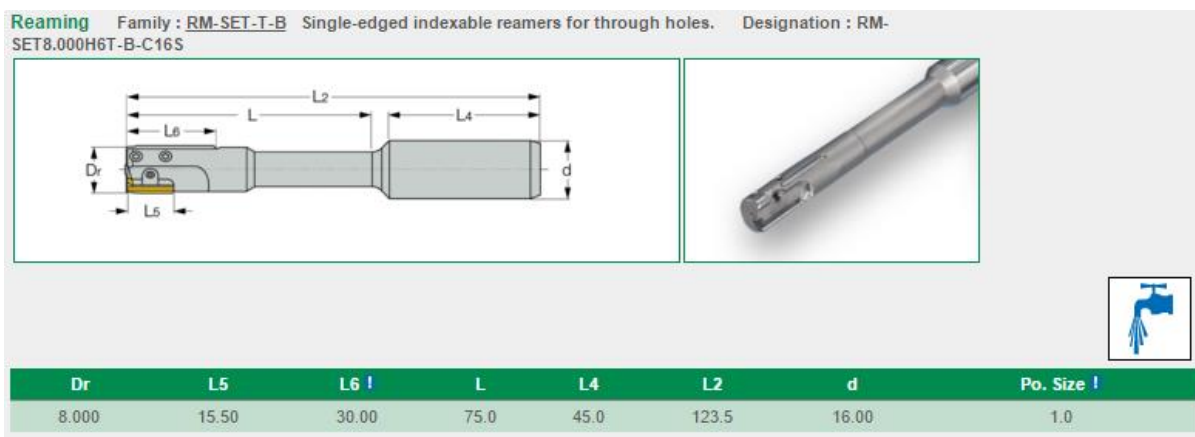
Slika. 29. Svrdla za obradu provrta [20]

Machining Data for Solid Carbide Drills - IC908 D=3.0-20.0 mm

| ISO | Material | Condition | Tensile Strength [N/mm2] | Hardness HB | Material No. | Cutting Speed Vc m/min | Feed (mm/rev) vs. Drill D | | | |
|-----|--|-----------------------|-----------------------------|----------------|-----------------|---------------------------|---------------------------|-----------|-----------|----------|
| | | | | | | | Ø3-5 | Ø5.1-8 | Ø8.1-12 | |
| P | Non-alloy steel and cast steel, free cutting steel | < 0.25 %C | Annealed | 420 | 125 | 1 | 80-120 | 0.10-0.18 | 0.15-0.25 | 0.2-0.30 |
| | | >= 0.25 %C | Annealed | 650 | 190 | 2 | 80-110 | 0.10-0.18 | 0.15-0.25 | 0.2-0.30 |
| | | < 0.55 %C | Quenched and tempered | 850 | 250 | 3 | 70-100 | 0.10-0.20 | 0.15-0.28 | 0.2-0.35 |
| | | >= 0.55 %C | Annealed | 750 | 220 | 4 | | | | |
| | | Quenched and tempered | 1000 | 300 | 5 | | | | | |
| | Low alloy steel and cast steel (less than 5% of alloying elements) | Annealed | 600 | 200 | 6 | 70-90 | 0.10-0.18 | 0.15-0.25 | 0.2-0.30 | |
| | | | 930 | 275 | 7 | | | | | |
| | | Quenched and tempered | 1000 | 300 | 8 | 60-80 | 0.10-0.18 | 0.15-0.25 | 0.2-0.30 | |
| | | | 1200 | 350 | 9 | 50-70 | 0.10-0.20 | 0.15-0.28 | 0.2-0.35 | |
| | High alloy steel, cast steel, and tool steel | Annealed | 680 | 200 | 10 | 60-80 | 0.10-0.20 | 0.15-0.28 | 0.18-0.35 | |
| | | Quenched and tempered | 1100 | 325 | 11 | 50-70 | 0.10-0.15 | 0.12-0.20 | 0.14-0.25 | |
| M | Stainless steel and cast steel | Ferritic/martensitic | 680 | 200 | 12 | 25-75 | 0.04-0.10 | 0.05-0.15 | 0.05-0.18 | |
| | | Martensitic | 820 | 240 | 13 | | | | | |
| | | Austenitic | 600 | 180 | 14 | | | | | |
| K | Grey cast iron (GG) | Ferritic/pearlitic | | 180 | 15 | 85-105 | 0.15-0.25 | 0.20-0.35 | 0.25-0.45 | |
| | | Pearlitic/martensitic | | 260 | 16 | 75-90 | 0.15-0.25 | 0.20-0.35 | 0.25-0.45 | |
| | Ductile cast iron (nodular) (GGG) | Ferritic | | 160 | 17 | 65-80 | 0.12-0.20 | 0.15-0.25 | 0.20-0.35 | |
| | | Pearlitic | | 250 | 18 | | | | | |
| | | Ferritic | | 130 | 19 | | | | | |
| | Malleable cast iron | Pearlitic | | 230 | 20 | | | | | |
| N | Aluminum-wrought alloy | Not cureable | | 60 | 21 | 70-300 | 0.10-0.25 | 0.15-0.35 | 0.25-0.45 | |
| | | Cured | | 100 | 22 | | | | | |
| | Aluminum-cast, alloyed | <=12% Si | Not cureable | | 75 | 23 | | | | 70-200 |
| | | >12% Si | Cured | | 90 | 24 | | | | |
| | | | High temperature | | 130 | 25 | | | | |

Slika. 30. Preporučeni parametri obrade za bušenje [20]

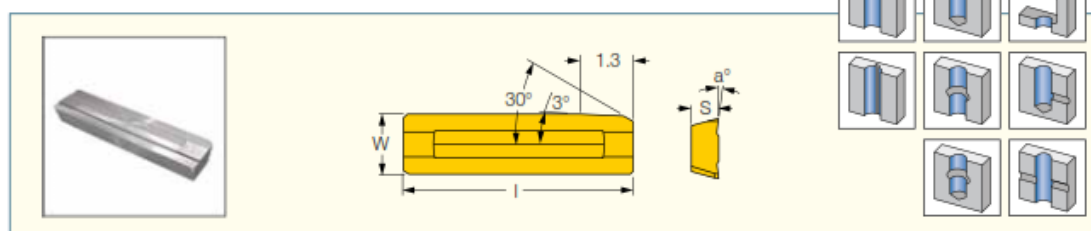
Na slici 31. prikazano je razvrtalo za obradu provta na dimenziju tolerancijskog polja Ø8H7, a rezna pločica i preporučeni parametri obrade prikazani su na slici 32.



Slika. 31. Razvrtalo za obradu provrta [20]

RM-SEI-B

Single-Edged Reaming Inserts for General Applications at High Cutting Speeds



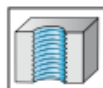
| Designation | Dimensions | | | | | Tough \leftrightarrow Hard | | | |
|--------------|-------------------------|-----------|-------|------|------|------------------------------|-------|-------|-------|
| | Po. Size ⁽¹⁾ | a° | l | W | S | IC07 | IC507 | IC907 | IC20N |
| RM-SEI-1B-00 | 1.0 | 0 | 15.50 | 2.80 | 1.50 | | | • | |
| RM-SEI-1B-06 | 1.0 | 6 | 15.50 | 2.80 | 1.50 | | • | • | • |
| RM-SEI-1B-12 | 1.0 | 12 | 15.50 | 2.80 | 1.50 | • | | • | |
| RM-SEI-2B-00 | 2.0 | 0 | 15.50 | 3.60 | 1.50 | | | • | |
| RM-SEI-2B-06 | 2.0 | 0 | 15.50 | 3.60 | 1.50 | | • | • | • |
| RM-SEI-2B-12 | 2.0 | 12 | 15.50 | 3.60 | 1.50 | • | | • | |
| RM-SEI-3B-00 | 3.0 | 0 | 17.00 | 4.40 | 2.00 | | | • | |
| RM-SEI-3B-06 | 3.0 | 6 | 17.00 | 4.40 | 2.00 | | • | • | • |
| RM-SEI-3B-12 | 3.0 | 12 | 17.00 | 4.40 | 2.00 | • | | • | |
| RM-SEI-4B-00 | 4.0 | 0 | 22.50 | 6.60 | 3.00 | | | • | |
| RM-SEI-4B-06 | 4.0 | 6 | 22.50 | 6.60 | 3.00 | | • | • | • |
| RM-SEI-4B-12 | 4.0 | 12 | 22.50 | 6.60 | 3.00 | • | | • | |

| Material No. | | Lead $B=30^\circ/3^\circ$ L1.3 (reaming allowance = 0.1-0.3) | | | | | | |
|--------------|--|---|----------------------|--------------------------------|----------------|---------|-----|------------|
| | | Feed [mm/rev] | Rake [$^\circ$] | Cutting Speed V_c [m/min] | | | | |
| | | | | Carbide | Coated Carbide | Cermet | PCD | CBN |
| 1 | Non-alloy steel, cast steel and free cutting steel | 0.1-0.3 | 6 | 60-80 | 80-120 | 110-160 | | |
| 2 | Low alloy steel and cast steel (less than 5% of alloying elements) | 0.1-0.3 | 6 | 60-80 | 80-120 | 110-160 | | |
| 3 | High alloyed steel, cast steel and tool steel | 0.1-0.3 | 6 | 40-60 | 40-80 | 40-80 | | |
| 4 | Stainless steel and cast steel | 0.1-0.2 | 12 | 40-60 | 60-80 | 60-80 | | |
| 5 | Cast iron nodular (GGG) | 0.1-0.3 | 0 / 6 | 60-80 | 80-120 | | | Please ask |
| 6 | Grey cast iron (GG) | 0.1-0.3 | 0 / 6 | 60-80 | 80-120 | | | |
| 7 | Malleable cast iron | 0.1-0.3 | 0 / 6 | 60-80 | 80-120 | | | |

Slika. 32. Rezna pločica i preporučeni parametri obrade za razvrtavanje [20]

Na slici 33. prikazano je strojno urezno svrdlo za urezivanje navoja M6x1, a preporučeni parametri obrade prikazani su na slici 34.

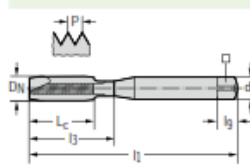
Machine tap Prototex Inox®


 $\leq 3 \times D_N$



- HSS-E
- chamfer form B = 3.5 - 5 thread
- enlarged core diameter
- materials from 350 to 1200 N/mm² or 36 HRC
- for long-chipping materials

M
DIN 13

| | P | M | K | N | S | H | O |
|------|----|----|---|---|---|---|---|
| vap | ●● | ●● | ● | ● | ● | ● | ● |
| TiCN | ●● | ●● | ● | ● | ● | ● | ● |

| DIN 371 6GX | D_N | P mm | l_1 js16 mm | L_c mm | l_3 ± 1 mm | d_1 h9 mm | \square h12 mm | l_2 mm | N | VAP designation 20233 | TiCN designation 2023306 |
|---|-------|---------|---------------------|-------------|------------------------|-------------------|------------------------|-------------|---|-----------------------------|--------------------------------|
|  | M 3 | 0.5 | 56 | 9 | 18 | 3.5 | 2.7 | 6 | 2 | -M3 | -M3 |
| | M 4 | 0.7 | 63 | 12 | 21 | 4.5 | 3.4 | 6 | 3 | -M4 | -M4 |
| | M 5 | 0.8 | 70 | 13 | 25 | 6 | 4.9 | 8 | 3 | -M5 | -M5 |
| | M 6 | 1 | 80 | 15 | 30 | 6 | 4.9 | 8 | 3 | -M6 | -M6 |
| | M 7 | 1 | 80 | 15 | 30 | 7 | 5.5 | 8 | 3 | -M7 | -M7 |
| | M 8 | 1.25 | 90 | 18 | 35 | 8 | 6.2 | 9 | 3 | -M8 | -M8 |
| | M 10 | 1.5 | 100 | 20 | 39 | 10 | 8 | 11 | 3 | -M10 | -M10 |

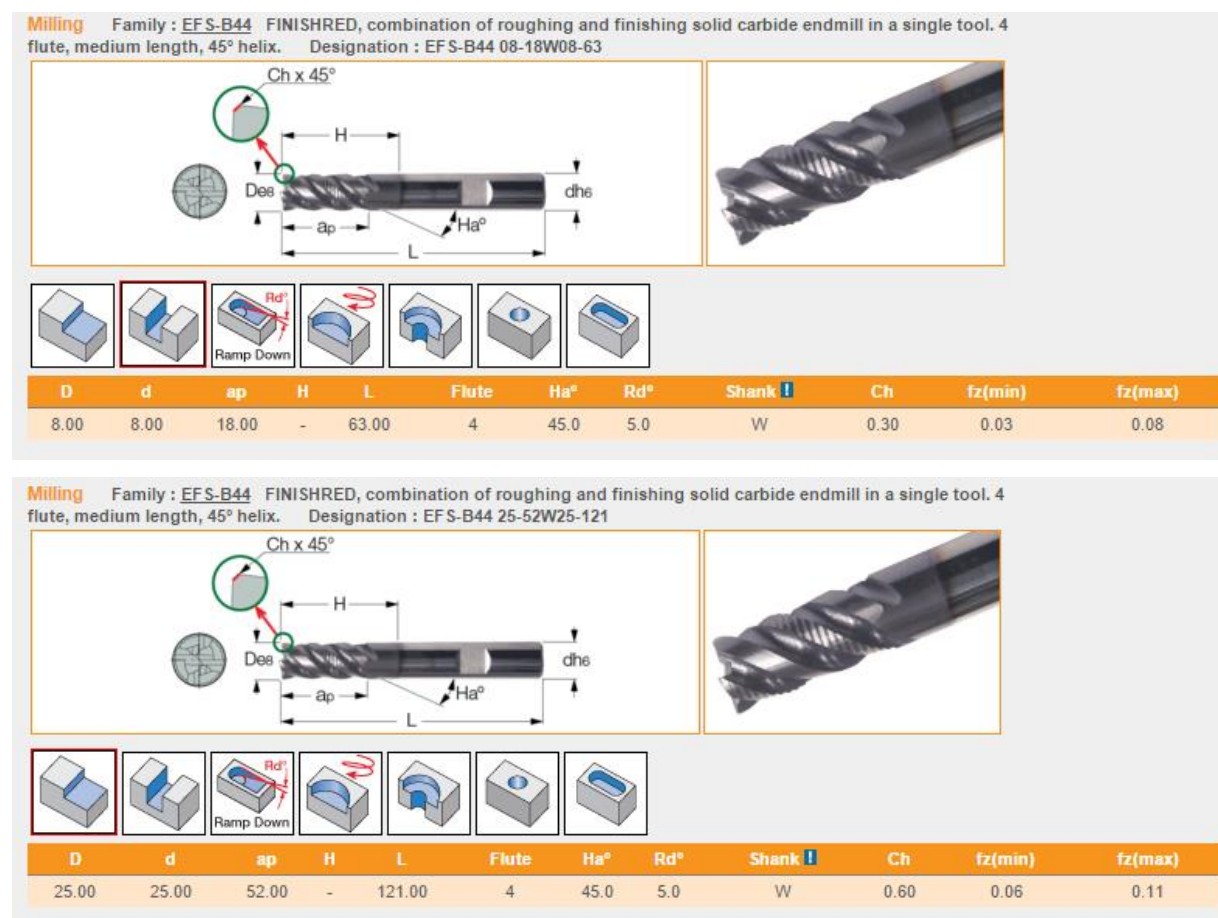
Slika. 33. Strojno urezno svrdlo za navoj M6x1 [23]

| Material group | Classification of the main material groups and code letters | | | Brinell hardness HB | Tensile strength R_m N/mm ² | Machining group ¹ | Tapping | | |  |
|----------------|---|---|----------|---------------------|---|------------------------------|----------------------|----------------------|--------------------|---|
| | | | | | | | solid carbide coated | HSS-E (-PM) uncoated | HSS-E (-PM) coated | |
| | Workpiece material | | | | | | v_c [m/min] | v_c [m/min] | v_c [m/min] | |
| P | Unalloyed steel | C ≤ 0.25 % | annealed | 125 | 428 | P1 | | 15 | 30 | E |
| | | C > 0.25... ≤ 0.55 % | annealed | 190 | 639 | P2 | | 15 | 30 | E |
| | | C > 0.25... ≤ 0.55 % | tempered | 210 | 708 | P3 | | 12.5 | 25 | E |
| | | C > 0.55 % | annealed | 190 | 639 | P4 | | 15 | 30 | E |
| | | C > 0.55 % | tempered | 300 | 1013 | P5 | 45 | 7.5 | 15 | E |
| | | machining steel (short-chipping) | annealed | 220 | 745 | P6 | | 15 | 30 | E |
| | Low-alloyed steel | annealed | | 175 | 591 | P7 | | 15 | 30 | E |
| | | tempered | | 300 | 1013 | P8 | 50 | 7.5 | 15 | E |
| | | tempered | | 380 | 1282 | P9 | 35 | 4 | 7.5 | E |
| | | tempered | | 430 | 1477 | P10 | 20 | 2 | 4 | O |
| | High-alloyed steel and high-alloyed tool steel | annealed | | 200 | 675 | P11 | | 15 | 30 | E |
| | | hardened and tempered | | 300 | 1013 | P12 | 50 | 7.5 | 15 | E |
| | | hardened and tempered | | 400 | 1361 | P13 | 30 | 3 | 6 | O |
| | Stainless steel | ferritic / martensitic, annealed | | 200 | 675 | P14 | | 5 | 10 | E |
| | | martensitic, tempered | | 330 | 1114 | P15 | | 2 | 4 | E |
| M | Stainless steel | austenitic, quench hardened | | 200 | 675 | M1 | | 5 | 10 | E |
| | | austenitic, precipitation hardened (PH) | | 300 | 1013 | M2 | | 3 | 6 | E |
| | | austenitic / ferritic, duplex | | 230 | 778 | M3 | | 4 | 8 | E |

Slika. 34. Preporučeni parametri za obradu urezivanja navoja M6x1 [23]

4.1.3. Alati za glodanje

Na slici 35. prikazana su prstasta glodala za čeonu ravnu i obodnu obradu boka, a preporučeni parametri obrade prikazani su na slici 36.



Slika. 35. Prstasto glodalo za čeonu ravnu i obradu boka [20]

Cutting Speed for: EFS-B44 08-18W08-63 IC900 - 5622130

| ISO | Material | Material Description | Material Condition | Cutting Speed Recommendations |
|-----|----------|--|--------------------------|-------------------------------|
| P | 1 | Nelegirani i lijevani čelik, lako-rezni čelik <0,25%C. | Žareni :125 | 270-290 m/min |
| P | 2 | Nelegirani i lijevani čelik, lako-rezni čelik <0,25%C. | Žareni :190 | 217-247 m/min |
| P | 3 | Nelegirani i lijevani čelik, lako-rezni čelik <0,55%C. | Gašen i poboljšan :250 | 177-237 m/min |
| P | 4 | Nelegirani i lijevani čelik, lako-rezni čelik <0,55%C. | Žareni :220 | 177-237 m/min |
| P | 5 | Nelegirani i lijevani čelik, lako-rezni čelik <0,55%C. | Gašen i poboljšan :300 | 157-197 m/min |
| P | 6 | Nisko legirani i lijevani čelik (manje od 5% legure) | Žareni :200 | 177-237 m/min |
| P | 7 | Nisko legirani i lijevani čelik (manje od 5% legure) | Gašen i poboljšan :275 | 137-197 m/min |
| P | 8 | Nisko legirani i lijevani čelik (manje od 5% legure) | Gašen i poboljšan :300 | 147-197 m/min |
| P | 9 | Nisko legirani i lijevani čelik (manje od 5% legure) | Gašen i poboljšan :350 | 157-197 m/min |
| P | 10 | Visoko legirani, lijevani i alatni čelik | Žareni :200 | 147-197 m/min |
| P | 11 | Visoko legirani, lijevani i alatni čelik | Gašen i poboljšan :325 | 87-144 m/min |
| P | 12 | Nehrđajući i lijevani čelik | Feritni/martenzitni :200 | 97-177 m/min |
| P | 13 | Nehrđajući i lijevani čelik | Martenzitni :240 | 77-167 m/min |
| M | 14 | Nehrđajući i lijevani čelik | Austenitni :180 | 77-137 m/min |

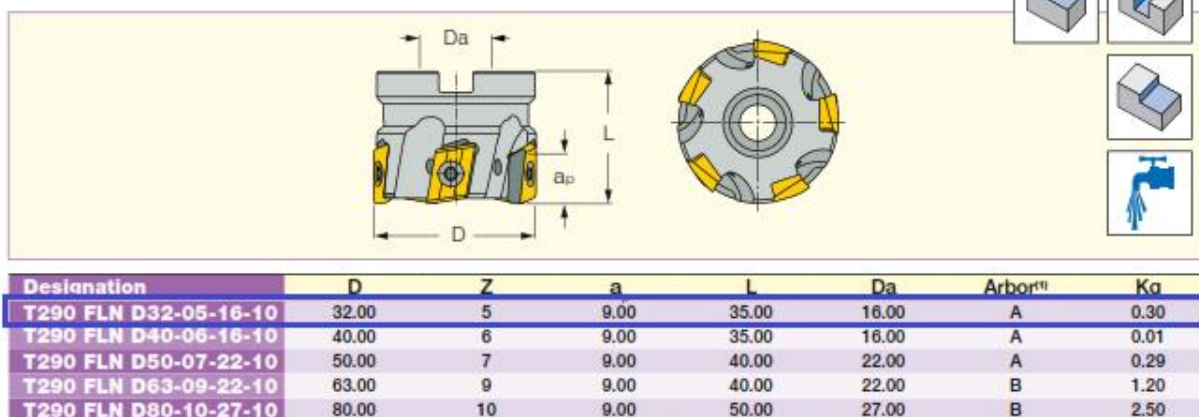
Slika. 36. Preporučeni parametri obrade za prstasto glodalo [20]

Na slici 37. prikazana je glodača glava za čeonu ravnu obradu, a rezne pločice i preporučeni parametri obrade prikazani su na slici 38.

290 LINE

T290 FLN-10

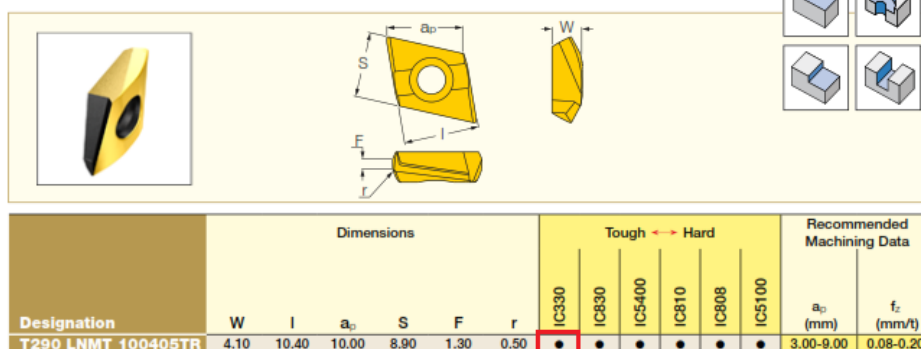
90° Face Mills with T290 LNMT 1004... Tangentially Clamped Inserts



Slika. 37. Glodača glava za čeonu ravnu obradu [20]

T290 LNMT/LNHT 1004

Tangential Insert with 2 Cutting Edges



| No. | UNCOATED | | COATED | | | | | | |
|-----|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|
| | IC28 | IC08 | IC328/330 | IC4050 | IC300 | IC928/830 | IC5400 | IC950 | IC908/ 808 |
| 1 | 80 - 110 | | 140 - 180 | 170 - 280 | 210 - 220 | 180 - 230 | 225 - 285 | 210 - 350 | 210 - 270 |
| 2 | 70 - 90 | | 125 - 150 | 120 - 200 | 160 - 180 | 160 - 190 | 200 - 235 | 150 - 250 | 185 - 225 |
| 3 | 60 - 70 | | 100 - 120 | 100 - 160 | 130 - 180 | 130 - 160 | 160 - 200 | 120 - 200 | 150 - 180 |
| 4 | 50 - 70 | | 90 - 110 | 80 - 120 | 130 - 180 | 120 - 140 | 150 - 175 | 100 - 150 | 135 - 165 |
| 5 | 50 - 60 | | 80 - 100 | 140 - 320 | 110 - 140 | 100 - 130 | 125 - 160 | 170 - 400 | 120 - 150 |
| 6 | 70 - 100 | | 120 - 160 | 120 - 240 | 130 - 180 | 160 - 210 | 200 - 260 | 150 - 300 | 180 - 240 |
| 7 | 50 - 80 | | 90 - 140 | 100 - 200 | 100 - 140 | 120 - 180 | 150 - 225 | 125 - 250 | 135 - 210 |
| 8 | 50 - 70 | | 80 - 120 | 80 - 160 | 100 - 140 | 100 - 160 | 125 - 200 | 100 - 200 | 120 - 180 |
| 9 | 40 - 70 | | 70 - 110 | 70 - 140 | 110 - 140 | 90 - 140 | 110 - 175 | 90 - 175 | 105 - 165 |
| 10 | 40 - 50 | | 60 - 80 | 60 - 120 | 100 - 140 | 80 - 100 | 100 - 125 | 75 - 150 | 90 - 120 |
| 11 | 30 - 70 | | 55 - 120 | 60 - 100 | 60 - 100 | 70 - 160 | 85 - 200 | 75 - 130 | 80 - 180 |
| 12 | 60 - 110 | 60 - 110 | 100 - 180 | 100 - 180 | 60 - 130 | 120 - 220 | | | 120 - 200 |
| 13 | 60 - 80 | 40 - 100 | 100 - 140 | 100 - 140 | 50 - 120 | 120 - 170 | | | 110 - 190 |
| 14 | 50 - 70 | 40 - 80 | 80 - 120 | 80 - 120 | 50 - 100 | 100 - 150 | | | 100 - 160 |

Slika. 38. Rezne pločice za glodaču glavu i preporučeni parametri obrade [20]

| ISO | CARBIDE HARTMETALL METAL DURO CARBURE METALLO DURO | CERMET | COATED CERMET CERMET BESCHICHTET CERMET RECUBIERTO CERMET REVÊTU CERMET RIVESTITO | CVD COATED CARBIDE HARTMETALL CVD BESCHICHTET METAL DURO RECUBIERTO CVD CARBURE REVÊTU CVD METALLO DURO RIVESTITO CVD |
|-----|--|--------|---|---|
| P01 | | | | |
| P10 | | DC100 | DC100T | DP100R |
| P20 | DP300 | | | |
| P30 | | | | |
| P40 | | | | |
| K01 | | | | |
| K10 | DK100 | DC100 | DC100T | DP100R |
| K20 | DP300 | | | |
| K30 | | | | |

DP300

- Roughing and finishing. Low carbon steel - stainless steels
- Schruppen und Schlichten. Stahl mit niedrigem Kohlenstoffgehalt - rostfreier Stahl
- Desbaste y acabado. Aceros con bajo contenido de carbono - Aceros inoxidables
- Ebauche et finition. Acier à bas teneur en carbon - acier inoxydable
- Sgrossatura e finitura. Acciai a basso tenore di carbonio - acciai inox

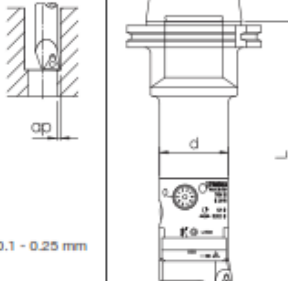


TPGX ○ ○ ○ ○ ○ L

| REF. | d | s | r | | | CARBIDE DP300 | DK100 | CERMET DC100 | COATED CERMET DC100T |
|------------------|------|------|-----|-----------|----------|------------------|-------|-----------------|-------------------------|
| TPGX 090200 L10° | | | 0 | | | * | * | * | * |
| TPGX 090202 L | 5.56 | 2.38 | 0.2 | CS250T | TORX T08 | * | * | * | * |
| TPGX 090204 L | | | 0.4 | | | * | * | * | * |
| TPGX 110300 L10° | | | 0 | | | * | * | * | * |
| TPGX 110302 L | 6.35 | 3.18 | 0.2 | CS300890T | TORX T08 | * | * | * | * |
| TPGX 110304 L | | | 0.4 | | | * | * | * | * |

Slika. 40. Rezna pločica za vanjsko razvrtavanje [24]

- RECOMMENDED CUTTING CONDITIONS FOR BORING OPERATIONS WITH TESTAROSSA TRC / TRM / TR-PSC
- DATI DI TAGLIO CONSIGLIATI PER L'ALESATURA CON TESTAROSSA TRC / TRM / TR-PSC

| material | boring bar dimensions | working conditions | cutting speed Vc= m/min. | feed fn= mm/rev avanzamento fn= mm/giro | | | quality insert | cutting depth |
|--|-----------------------|-------------------------|----------------------------------|--|-------------|-------------|--------------------|---|
| materiale | dimensioni bareno | condizioni di lavoro | velocità di taglio Vc= m/min. | Insert radius raggio inserto | | | qualità inserto | profondità di passata |
| | | | | R = 0.0 | R = 0.2 | R = 0.4 | | |
| carbon steel acciaio al carbonio HB ≤ 200 | L / d = 2.5 | good / buona | 200 - 300 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | DC100 DP300 |  |
| | L / d = 4 | normal / normale | 160 - 250 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | | |
| | L / d = 6.3 | difficult / difficile | 70 - 100 | 0.05 - 0.08 | 0.05 - 0.08 | — | | |
| carbon steel acciaio al carbonio HB > 200 | L / d = 2.5 | good / buona | 160 - 250 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | DC100 | |
| | L / d = 4 | normal / normale | 150 - 200 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | | |
| | L / d = 6.3 | difficult / difficile | 70 - 100 | 0.05 - 0.08 | 0.05 - 0.08 | — | | |
| stainless steel acciaio inox AISI 304 - 316 | L / d = 2.5 | good / buona | 120 - 160 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | DP300 | |
| | L / d = 4 | normal / normale | 100 - 140 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | | |
| | L / d = 6.3 | difficult / difficile | 70 - 100 | 0.05 - 0.08 | 0.05 - 0.08 | — | | |
| cast iron ghisa | L / d = 2.5 | good / buona | 120 - 160 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | DK100 DC100 | |
| | L / d = 4 | normal / normale | 100 - 140 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | | |
| | L / d = 6.3 | difficult / difficile | 70 - 100 | 0.05 - 0.08 | 0.05 - 0.08 | — | | |
| aluminium alluminio | L / d = 2.5 | good / buona | 300 - 400 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | DK100 | |
| | L / d = 4 | normal / normale | 250 - 350 | — | 0.05 - 0.08 | 0.07 - 0.1 | | |
| | L / d = 6.3 | difficult / difficile | 100 - 150 | 0.05 - 0.08 | 0.05 - 0.08 | — | | |
| steel acciaio HR ≤ 200 | L / d = 2.5 | good / buona | 80 - 100 | — | 0.04 - 0.06 | 0.05 - 0.07 | D20CBN | |
| | L / d = 4 | normal / normale | 80 - 100 | — | 0.04 - 0.06 | 0.05 - 0.07 | | |

Slika. 41. Preporučeni parametri obrade za vanjsko razvrtavanje [24]

4.2. Tehnološki postupak izrade dijelova transportnog modula

U tehnološkom postupku izrade navedeni su parametri obrade i opis za svaku operaciju koja se izvodi na nekom od strojeva koji su navedeni ranije. Kako na tokarilici glavno gibanje izvodi obradak, a na CNC i horizontalnoj glodalici alat tako se i postupak proračunavanja parametara razlikuje.

Parametri obrade kod tokarenja

- učestalost vrtnje glavnog vretena

$$n = \frac{1000 * v_c}{D_{sr} * \pi}, min^{-1} \quad (1)$$

- srednji promjer tokarenja

$$D_{sr} = \frac{D_1 + D_2}{2}, mm \quad (2)$$

- posmična brzina

$$v_f = f * n, \frac{mm}{min} \quad (3)$$

Parametri obrade kod glodanja i obrade provrta

- učestalost vrtnje alata

$$n = \frac{1000 * v_c}{D * \pi}, min^{-1} \quad (4)$$

- posmak po okretaju

$$f = f_z * z, mm \quad (5)$$

- posmična brzina

$$v_f = f_z * z * n, \frac{mm}{min} \quad (6)$$

Za svaku poziciju dijela transportnog modula tehnološki postupak izrade sa navedenim reznim alatima i njihovim parametrima obrade, steznim napravama i strojevima za obradu bit i će prikazani tablicama u nastavku.

Tablica. 8. Tehnološki postupak izrade osovine Ø28x31

| TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE | | | | | | | | |
|--------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|---|-----------------------------------|-------------------|-----------------|----------------|--------------------------|
| Naziv pozicije: Osovina Ø28x31 | | | Materijal: X5CrNi18-10 okrugli vučeni Ø28 | | Dimenzije: Ø28x33 | | | |
| OPERACIJA | ALATNI STROJ | FAZA I ZAHVAT OPERACIJE | | REZNI, MJERNI ALAT STEZNA NAPRAVA | PARAMETRI OBRADE | | | |
| R.br. i Naziv | Oznaka tipa | R.br. | Mjera i tolerancije | Naziv ili oznaka | a_p mm | v_f mm/min | v_c m/min | n min ⁻¹ |
| 10 Piljenje | CNC tračna pila Meba 335 DGA 1000 | 10 | Stegnuti profil Ø28 | | | | | |
| | | 20 | Rezati na 33 mm | | 28 | 18 | 38 | |
| | | 30 | Odložiti obradak | | | | | |
| 20 Tokarenje | Univerzalna tokarilica D480 | 10 | Stegnuti obradak | Stezna glava DIN 6350 | | | | |
| | | 20 | Poprečno tokariti 1mm | QNMG 090408-GN IC 3028 | 1 | 960 | 105 | 2400 |
| | | 30 | Uzdužno tokariti na Ø17 x11 mm | QNMG 090408-GN IC 3028 | 5,5 | 600 | 105 | 1500 |
| | | 40 | Oboriti brid 2/45° | QNMG 090408-GN IC 3028 | 2 | 480 | 100 | 1200 |
| | | 50 | Oboriti brid 1/45° | QNMG 090408-GN IC 3028 | 1 | 800 | 105 | 2000 |
| | | 60 | Otpuštanje obratka | | | | | |
| | | 70 | Stegnuti obradak sa druge strane | Stezna glava DIN 6350 | | | | |
| | | 80 | Poprečno tokariti 1mm | QNMG 090408-GN IC 3028 | 1 | 960 | 105 | 2400 |
| | | 90 | Uzdužno tokariti na Ø20x5 mm | QNMG 090408-GN IC 3028 | 4 | 560 | 105 | 1400 |
| | | 100 | Oboriti brid 1/45° | QNMG 090408-GN IC 3028 | 1 | 720 | 110 | 1800 |
| | | 110 | Skinuti izradak | | | | | |

Skica za obradu, propisi, upute i napomene:

Napomena: Operaciju 20-30 Uzdužno tokariti Ø17x11 mm u dva prolaza (i=2) sa dubinom rezanja $a_p=2,75$ mm po prolazu.

The technical drawing shows a shaft with a total length of 31 mm. It features a central section with a diameter of Ø17 mm and a length of 11 mm. The outer diameter is Ø28 mm. The drawing includes chamfers with angles of 1/45° and 2/45°. A surface finish requirement of Ra 6,25 is indicated. The drawing also shows a section with a diameter of Ø20 mm and a length of 15±0.10 mm.

Tablica. 9. Tehnološki postupak izrade ravnog nosača letve

| TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|----------------------------|---|--------------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Naziv pozicije: Ravni nosač letve | | | Materijal: X5CrNi18-10 plosnati vučeni 25x12 | | | Dimenzije: 25x12x102 | | |
| OPERACIJA | ALATNI STROJ | FAZA I ZAHVAT OPERACIJE | | REZNI, MJERNI ALAT STEZNA NAPRAVA | PARAMETRI OBRADE | | | |
| R.br. i Naziv | Oznaka tipa | R.br. | Mjera i tolerancije | Naziv ili oznaka | a _p mm | V _f mm/min | V _c m/min | n min ⁻¹ |
| 10 Piljenje | CNC tračna pila Meba 335 DGA 1000 | 10 | Stegnuti profil 25x12 | | | | | |
| | | 20 | Rezati na 102 mm | | 12 | 18 | 38 | |
| | | 30 | Odložiti obradak | | | | | |
| 20 CNC glodanje | 3 - osna CNC glodalica Hartford PRO 1000 | 10 | Stegnuti obradak | Stege(DIN 6315) i T-vijci | | | | |
| | | 20 | Glodati poravnati krajeve(25x12) na duljinu L=100mm | EFS-B44 25-52W25-121 IC 900 | 1 | 428 | 120 | 1528 |
| | | 30 | Glodati čitavu duljinu(L=100) na 23 mm | EFS-B44 25-52W25-121 IC 900 | 2 | 428 | 120 | 1528 |
| | | 40 | Skinuti izradak | | | | | |

Skica za obradu, propisi, upute i napomene:

Ra 6,25

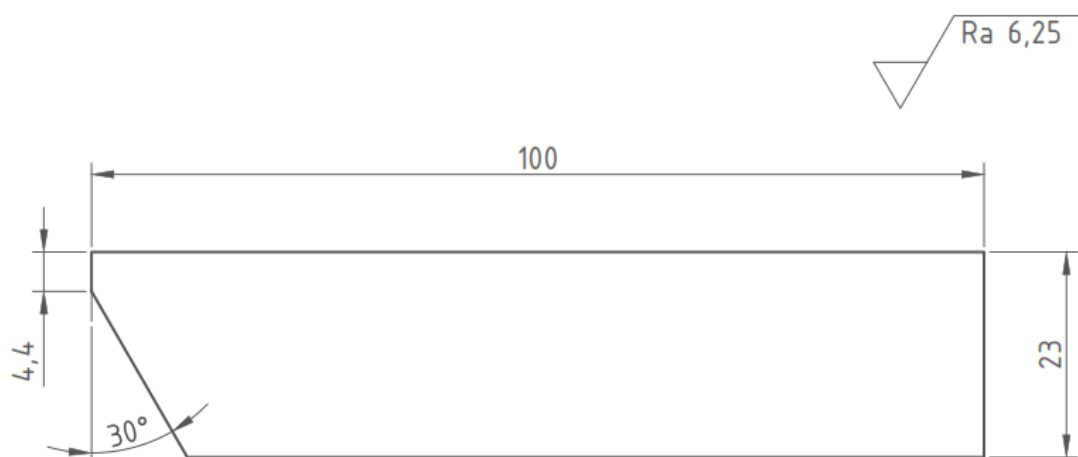
23

100

Tablica. 10. Tehnološki postupak izrade kosog nosača letve

| TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE | | | | | | | | |
|----------------------------------|---|----------------------------|---|--------------------------------------|----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Naziv pozicije: Kosi nosač letve | | | Materijal: X5CrNi18-10 plosnati vučeni 25x12 | | | Dimenzije: 25x12x102 | | |
| OPERACIJA | ALATNI STROJ | FAZA I ZAHVAT OPERACIJE | | REZNI, MJERNI ALAT STEZNA NAPRAVA | PARAMETRI OBRADE | | | |
| R.br. i Naziv | Oznaka tipa | R.br. | Mjera i tolerancije | Naziv ili oznaka | a _p mm | V _f mm/min | V _c m/min | n min ⁻¹ |
| 10 Piljenje | CNC tračna pila Meba 335 DGA 1000 | 10 | Stegnuti profil 25x12 | | | | | |
| | | 20 | Rezati na 102 mm | | 12 | 18 | 38 | |
| | | 30 | Odložiti obradak | | | | | |
| 20 CNC glodanje | 3 - osna CNC glodalica Hartford PRO 1000 | 10 | Stegnuti obradak | Stege(DIN 6315) i T-vijci | | | | |
| | | 20 | Glodati poravnati krajeve(25x12) na duljinu L=100mm | EFS-B44 25-52W25-121 IC 900 | 1 | 428 | 120 | 1528 |
| | | 30 | Glodati čitavu duljinu(L=100) na 23 mm | EFS-B44 25-52W25-121 IC 900 | 2 | 428 | 120 | 1528 |
| | | 40 | Glodati kosinu 30° prema skici | EFS-B44 25-52W25-121 IC 900 | | 428 | 120 | 1528 |
| | | 50 | Skinuti izradak | | | | | |

Skica za obradu, propisi, upute i napomene:



Tablica. 11. Tehnološki postupak izrade letve

| TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE | | | | | | | | |
|----------------------------|---|-----------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Naziv pozicije: Letva | | Materijal: X5CrNi18-10+1D t=12 mm | | | Dimenzije: 12x61,5x1337 | | | |
| OPERACIJA | ALATNI STROJ | FAZA I ZAHVAT OPERACIJE | | REZNI, MJERNI ALAT STEZNA NAPRAVA | PARAMETRI OBRADE | | | |
| R.br. i Naziv | Oznaka tipa | R.br. | Mjera i tolerancije | Naziv ili oznaka | a _p mm | V _f mm/min | V _c m/min | n min ⁻¹ |
| 10 Rezanje laserom | Laser za rezanje limova Trumpf Trumatic L3020 | 10 | Posluživanje lasera | | | | | |
| | | 20 | Rezanje laserom | | 12 | 258 | | |
| | | 30 | Odložiti obradak | | | | | |
| 20 CNC glodanje | 3 - osna CNC glodalica Hartford PRO 1000 | 10 | Stegnuti obradak | Stege(DIN 6315) i T-vijci | | | | |
| | | 20 | Glodati po konturi | EFS-B44 25-52W25-121 IC 900 | 1 | 428 | 120 | 1528 |
| | | 30 | Glodati zaobljenja R5 na svakoj strani | EFS-B44 08-18W08-63 IC 900 | | 746 | 120 | 4775 |
| | | 40 | Otpustiti obradak | | | | | |
| | | 50 | Stegnuti obradak | Strojni škripac | | | | |
| | | 60 | Glodati uture (x14) | EFS-B44 08-18W08-63 IC 900 | 1,5 | 746 | 120 | 4775 |
| | | 70 | Bušiti provrte Ø7,9 (x14) | SCD 079-043-080-AG5 | 10 | 282 | 50 | 2015 |
| | | 80 | Razvrtati provrte na Ø8H7 (x14) | RM-SEI-1B-12 IC 907 | 10 | 278,5 | 70 | 2785 |
| | | 90 | Otpustiti obradak | | | | | |
| | | 100 | Stegnuti obradak | Strojni škripac | | | | |
| | | 110 | Bušiti provrte Ø6,6 (x8) | SCD 066-043-080-AG5 | 10 | 241 | 50 | 2410 |
| | | 120 | Skinuti izradak | | | | | |

Skica za obradu, propisi, upute i napomene:

Napomena: Za izradu letve koristiti crtež broj 100-102-16.

U operacijama 20-50 i 20-100 za stezanje obratka koristiti dva strojna škripca paralelno razmaknuta za 500 mm između steznih čeljusti škripaca.



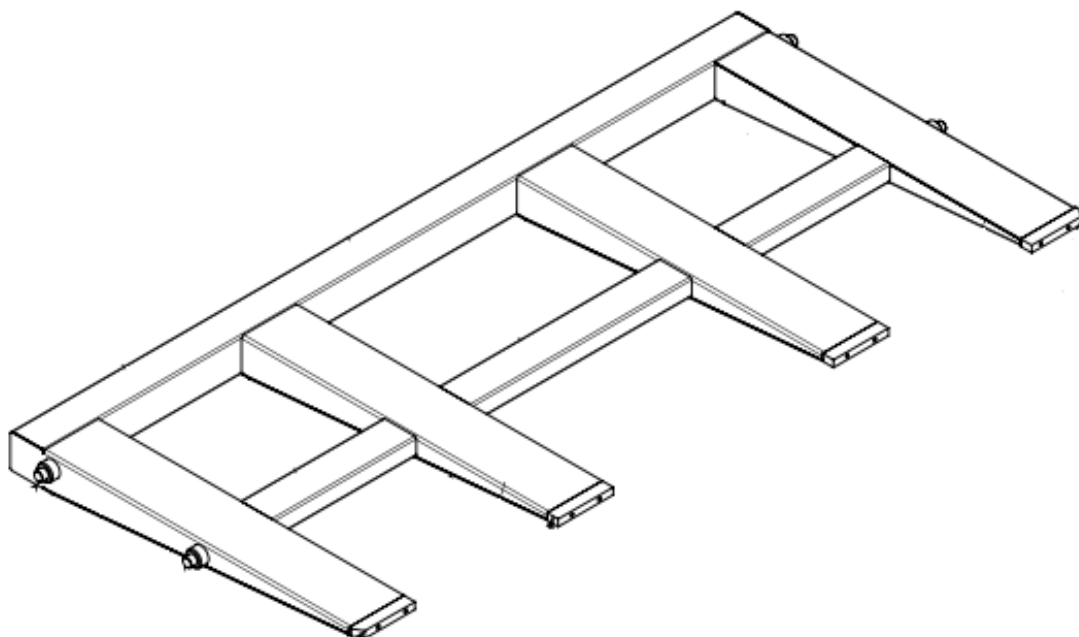
Tablica. 12. Tehnološki postupak izrade nosača letve na konačne dimenzije

| TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE | | | | | | | | |
|---|---|-------------------------|---|---|----------------------|--------------------------|-------------------------|------------------------|
| Naziv pozicije: Dio transportnog modula | | | | Materijal: X5CrNi18-10 | | Dimenzije: 635x1320 | | |
| OPERACIJA | ALATNI STROJ | FAZA I ZAHVAT OPERACIJE | | REZNI, MJERNI ALAT STEZNA NAPRAVA | PARAMETRI OBRADE | | | |
| R.br. i Naziv | Oznaka tipa | R.br. | Mjera i tolerancije | Naziv ili oznaka | a _p mm | v _f mm/min | v _c m/min | n min ⁻¹ |
| 10 Glodanje i obrada provrta | Horizontalna glodalica bušilica B130S ILR | 10 | Stegnuti obradak | Stege(DIN 6315) i T-vijci | | | | |
| | | 20 | Glodati nosače letve na ukupnu dimenziju 635 mm | T290 FLN D32-05-16-10 T290 LNMT 100405TR IC 330 | 3 | 600 | 100 | 1000 |
| | | 30 | Bušiti provrte Ø5.1(x8) | SCD 051-043-080-AG5 | 16 | 125 | 40 | 2500 |
| | | 40 | Urezati navoj M6x1(x8) | Urežno svrdlo M6x1 6GX DIN371 | 11 | 400 | 8 | 400 |
| | | 50 | Otpustiti obradak | | | | | |

Skica za obradu, propisi, upute i napomene:

Napomena: U operaciji 10-10 stegnuti dio transportnog modula stegnuti sa stegama(DIN 6315) i pripadajućim vijcima na ravnim površinama, a kose površine stegnute specijalnim steznim napravama(crtež broj 200-000-16) i pripadajućim vijcima.

Kod izrade koristiti crtež broj 100-101-16.



Tablica. 13. Tehnološki postupak izrade osovina na konačne dimenzije

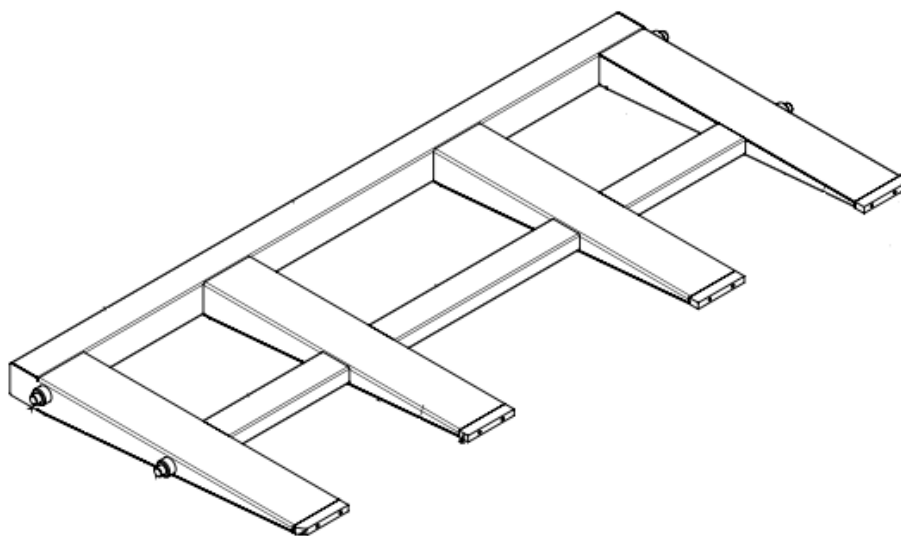
| TEHNOLOŠKI POSTUPAK IZRADE | | | | | | | | |
|---|---|-------------------------|---|---|--|---------------------|-----------------|----------------|
| Naziv pozicije: Dio transportnog modula | | | | Materijal: X5CrNi18-10 | | Dimenzije: 635x1320 | | |
| OPERACIJA | ALATNI STROJ | FAZA I ZAHVAT OPERACIJE | | REZNI, MJERNI ALAT STEZNA NAPRAVA | | PARAMETRI OBRADE | | |
| R.br. i Naziv | Oznaka tipa | R.br. | Mjera i tolerancije | Naziv ili oznaka | | a_p mm | v_f mm/min | v_c m/min |
| 10 Vanjsko razvrtavanje | Horizontalna glodalica bušilica B130S ILR | 10 | Stegnuti obradak | Stege(DIN 6315) i T-vijci | | | | |
| | | 20 | Rastokariti osovine na $\varnothing 16_{-0,1}^{+0}(x2)$ | TR63-PSC63 B3.16 TPGX 090202L DP 300 | | 0,5 | 144 | 125 |
| | | 30 | Glodati krajeve osovina na konačnu mjeru | T290 FLN D32-05-16-10 T290 LNMT 100405TR IC 330 | | | 600 | 100 |
| | | 40 | Otpustiti obradak | | | | | |
| | | 50 | Stegnuti obradak | Stege(DIN 6315) i T-vijci | | | | |
| | | 60 | Rastokariti osovine na $\varnothing 16_{-0,1}^{+0}(x2)$ | TR63-PSC63 B3.16 TPGX 090202L DP 300 | | 0,5 | 144 | 125 |
| | | 70 | Glodati krajeve osovina na konačnu mjeru | T290 FLN D32-05-16-10 T290 LNMT 100405TR IC 330 | | | 600 | 100 |
| | | 80 | Otpustiti obradak | | | | | |

Skica za obradu, propisi, upute i napomene:

Napomena: U operacijama 10-10 i 10-40 stegnuti dio transportnog modula stegnuti sa stegama(DIN 6315) i pripadajućim vijcima na ravnim površinama, a kose površine stegnute specijalnim steznim napravama(crtež broj 200-000-16) i pripadajućim vijcima.

U operacijama 10-20 i 10-50 centrirati alat da se postigne tolerancija položaja, te operacije izvesti u dva prolaza ($i=2$) sa dubinom rezanja $a_p=0,25$ mm po prolazu.

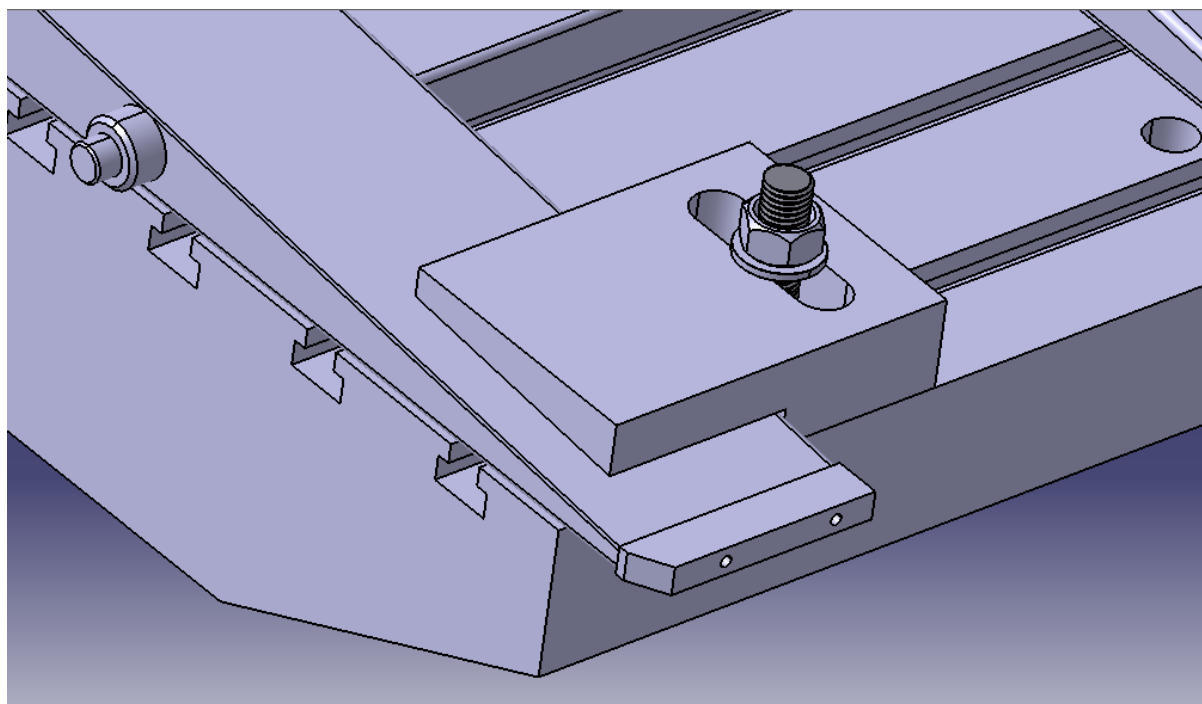
Kod izrade koristiti crtež broj 100-101-16.



4.3. Stezanje okretnog usmjerivača transportnog modula na stroj

Da bi se obradom postigle zahtijevane tolerancije konačnih dimenzija vrlo je važno da obradak bude dobro stegnut, kako bi se tijekom obrade izbjegle vibracije i pomaci obratka koji obrađujemo. Budući da je osnovna konstrukcija okretnog usmjerivača transportnog modula tj. njezini izdanci kosi, a na njima su zavareni nosači letve koje je potrebno obraditi na konačne dimenzije, nije moguće stegnuti čitavu konstrukciju standardnim steznim napravama nego su potrebne specijalne stezne naprave.

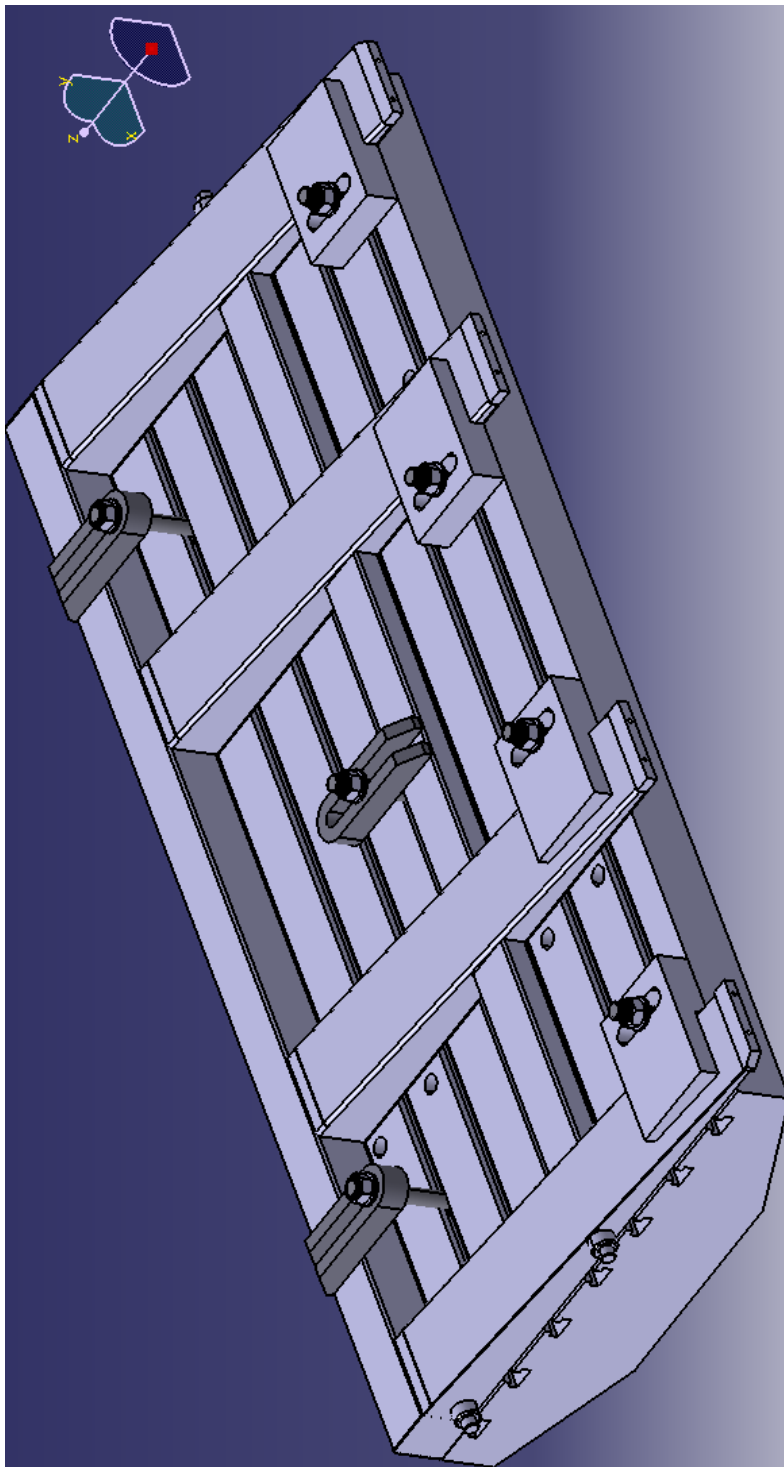
Za stezanje kosih izdanaka okretnog usmjerivača transportnog modula moguće je koristiti razne specijalne naprave koje se izrađuju prema zahtjevima i obliku obratka. Jedno od rješenja je i specijalna stezna naprava prikazana na slici 42. Ta je specijalna stezna naprava konstruirana tako da stezna površina stezne naprave ima isti kut kao i izdanak na okretnom usmjerivaču transportnog modula u odnosu na stol stroja.



Slika. 42. Specijalna stezna naprava

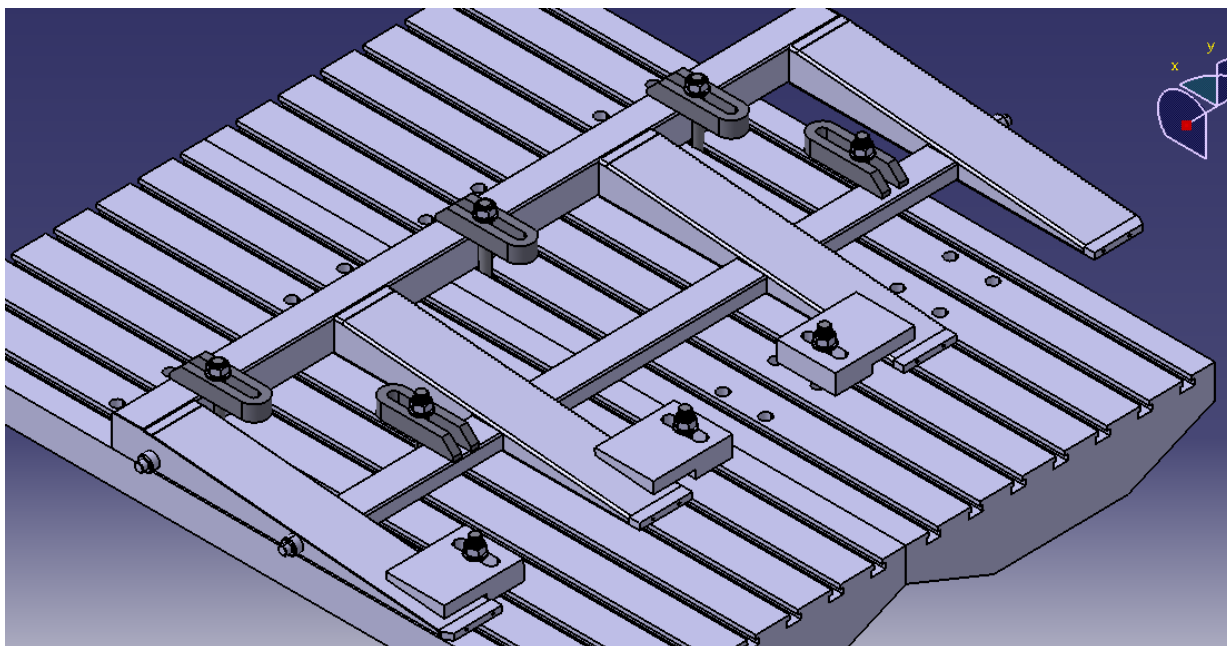
Dimenzije i geometrija specijalne stezne naprave navedena je u nastavku kao prilog crtež broj 200-000-16.

Okretni usmjerivač transportnog modula kod obrade nosača letve na konačne dimenzije stgnut je sa četiri specijalne stezne naprave i pripadajućim vijcima, te sa tri standardne U stezne poluge (DIN 6315) i pripadajućim vijcima. Način stezanja okretnog usmjerivača transportnog modula na stol stroja horizontalne glodalice bušilice prikazan je na slici 43.



Slika. 43. Stezanje okretnog usmjerivača transportnog modula na stol stroja kod obrade nosača letve

Kod obrade osovina na konačne dimenzije okretni usmjerivač transportnog modula treba biti dobro stegnut za stol stroja, jer se obrada vrši pomoću motke za rastokarivanje koja ima prihvat oštrice na kraju poluge te se tako svaki i najmanji pomak ili vibracija obratka dovodi do greške u izradi. Za obradu osovina na konačne dimenzije okretni usmjerivač transportnog modula je stegnut sa pet standardnih U steznih poluga (DIN 6315) i pripadajućim vijcima, te tri specijalne stezne naprave i pripadajućim vijcima. Način stezanja okretnog usmjerivača transportnog modula na stol stroja horizontalne glodalice bušilice prikazan je na slici 44.



Slika. 44. Stezanje okretnog usmjerivača transportnog modula na stol stroja kod obrade osovina

5. ZAKLJUČAK

Kao što je vidljivo iz prethodnih poglavlja zadatak ovog rada bio je razraditi tehnologiju izrade dijelova transportnog modula, što podrazumijeva tehnološki postupak izrade sa izborom svih reznih alata i njihovim parametrima obrade, steznim napravama i strojevima na kojima se ti dijelovi obrađuju.

Kako su dijelovi transportnog modula namijenjeni za upotrebu u prehrambenoj industriji, moraju biti izrađeni od nehrđajućeg čelika koji je sam po sebi zahtjevniji za obradu i ima dosta uzak interval parametara obrade u odnosu na druge materijale. Iako pozicije nisu prezahtjevne za izradu, ipak postoji problem kod obrade nekih pozicija koje se obrađuju na univerzalnim strojevima koji nemaju kontinuiranu promjenu učestalosti vrtnje, nego su iznosi učestalosti vrtnje definirani prijenosom sa izvora snage na glavno vreteno stroja, te nije moguće uvijek postići najbolje parametre obrade reznim alatom. Zato su suvremeniji strojevi sa kontinuiranom promjenom učestalosti vrtnje, dakako puno bolji i logičniji izbor za obradu takvih pozicija, jer se njima mogu postići optimalni parametri obrade, a samim time i bolja kvaliteta konačnog proizvoda, te se smanjiti vrijeme izrade.

Osim problema kod određivanja parametara obrade na univerzalnim strojevima, postoji problem stezanja čitave konstrukcije nakon zavarivanja nosača letve i osovina kako bi se čitava konstrukcija tj. okretni usmjerivač transportnog modula obradio na konačne dimenzije i zadane tolerancije. Da bi se čitava konstrukcija što bolje stegnula na stol stroja, te tako smanjile vibracije i pomaci dijela koji se obrađuje za kose površine izrađena je specijalna stezna naprava koja svojom geometrijom prati geometriju obratka i osigurava potrebnu krutost tijekom obrade. Na mjestima gdje obradak ima ravne površine za dodatno osiguravanje i stezanje koriste se standardne stezne naprave i poluge. Izrada specijalnih steznih naprava nije uvijek nužna, nego najčešće ovisi o količini serije za koji se izrađuje, ali je isto tako kod izrade nekih pozicija neophodna zbog zahtjeva i geometrije pozicije, drugim riječima nije moguće izraditi poziciju bez specijalne stezne naprave.

LITERATURA

- [1] European Hygienic Engineering&Design Group, Frankfurt, Germany: *Guidelines-Free documents-EHEDG Doc. 8 "Hygienic Equipment Design Criteria"*, April 2004, URL: http://ehedg.org/uploads/DOC_8_Croatian_2014.pdf (05.02.2016)
- [2] M. Woite GmbH, Erkrath, Germany: *Material group, Stainlesssteels* URL: <http://woite-edelstahl.com/14301en.html> (05.02.2016.)
- [3] Nekonvencionalni postupci obrade metala, predavanja FSB Zagreb, prof.dr.sc. Damir Ciglar, dipl. ing. URL: <https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Nekonvencionalne.pdf> (05.02.2016.)
- [4] Stručni rad PREVENTIVNO ODRŽAVANJE LASERA ZA REZANJE, dr. Dragan Živković, profesor VTŠ Zrenjanin, mr. Vesna Šotra, profesor VTŠ Novi Beograd mr. Radiša Žunjanin, profesor VTŠ Novi Beograd, Beograd 2009. URL: <http://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/1451-1975/2009/1451-19750904027Z.pdf> (06.02.2016.)
- [5] URL: <http://www.erciyesdemir.com.tr/en/cnc-laser-cutting/> (06.02.2016.)
- [6] Obrada odvajanjem čestica, Piljenje, predavanja FSB Zagreb, Dr.sc. S.Škorić, URL: <https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Piljenje%20ooc.pdf> (06.02.2016.)
- [7] URL: <http://www.machinetools.net.tw/> (06.02.2016.)
- [8] Obrada odvajanjem čestica, Tokarenje, predavanja FSB Zagreb, Dr.sc. S.Škorić, URL: <https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Tokarenje%20ooc.pdf> (06.02.2016.)
- [9] Darko Landek, Mladen Šercer, Materijali i proizvodni postupci, autorizirana predavanja, Zagreb 2013
- [10] URL: <https://s3.amazonaws.com/ww-article-cache-1/sh/Tokarenje> (06.02.2016.)
- [11] URL: <http://www.sandvik.coromant.com/en-gb/products/Pages/turning-tools.aspx> (06.02.2016.)
- [12] URL: <http://www.directindustry.com/prod/sandvik-coromant-usa/product-35541-837611.html> (06.02.2016.)
- [13] Obrada odvajanjem čestica, Glodanje, predavanja FSB Zagreb, Dr.sc. S.Škorić, URL: <https://www.fsb.unizg.hr/kas/.../Glodanje%20ooc.pdf> (06.02.2016.)
- [14] URL: http://www.directindustry.de/prod/seco-tools/product-5699-762859.html#product-item_762875 (07.02.2016.)

-
- [15] URL:<http://www.frets.com/HomeShopTech/Projects/HeftyToolPost/heftytoolpost20.jpg>
(07.02.2016.)
- [16] URL:<http://www.widia.com/en/featured/varitap-high-performance-taps.html>
(07.02.2016.)
- [17] URL:<http://www.sandvik.coromant.com/us/News/Pages/Sandvik-Coromant-covers-all-bases-at-Gear-Expo.aspx> (07.02.2016.)
- [18] URL: Obrada odvajanjem čestica, Glodanje, predavanja FSB Zagreb, Dr.sc. S.Škorić
<https://www.fsb.unizg.hr/kas/ODIOO/Obrada%20provrt%20ooc.pdf> (07.02.2016.)
- [19] URL:<http://www.acumensteel.co.uk/additional-services/drilling-and-countersinking>
(07.02.2016.)
- [20] URL: <http://www.iscar.hr> (07.02.2016.)
- [21] URL: <http://www.metalis.hr/Metal2/images/METALISDE2.pdf> (07.02.2016.)
- [22] URL: <http://www.mastech-strojevi.com/rabljeni-strojevi> (07.02.2016.)
- [23] URL: <http://www.walter-tools.com> (12.02.2016.)
- [24] URL: <http://www.dandrea.com> (12.02.2016.)

PRILOZI

I. CD-R disc

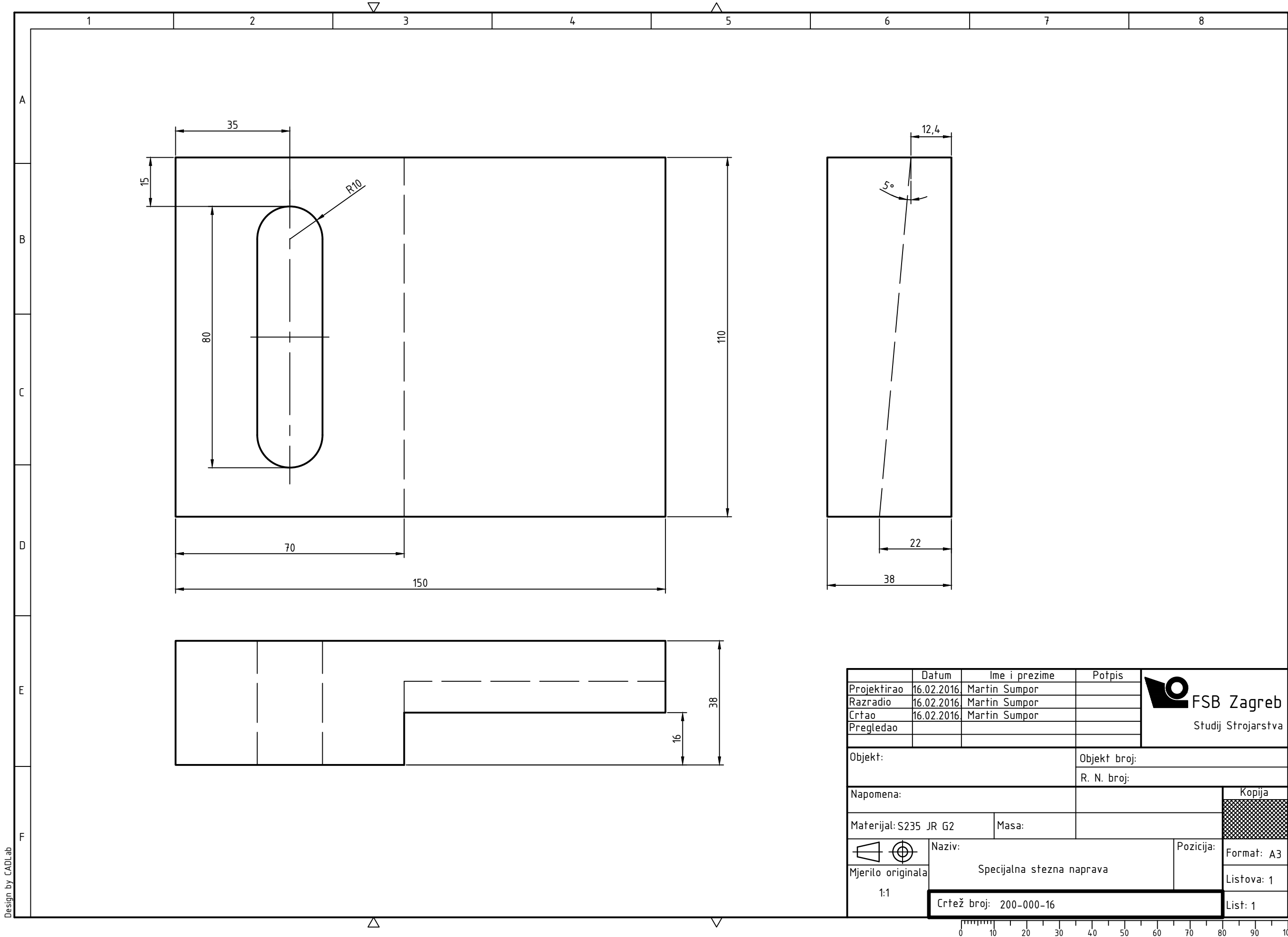
II. Tehnička dokumentacija




100-100-16 Okretni usmjerivač transportnog modula

100-101-16 Dijelovi okretnog usmjerivača transportnog modula

100-102-16 Letva

200-000-16 Specijalna stezna naprava



| | | | | |
|---|---|---------------------------|--------------|--|
| | Datum | Ime i prezime | Potpis |  FSB Zagreb Studij Strojarsstva |
| Projektirao | 16.02.2016 | Martin Sumpor | | |
| Razradio | 16.02.2016 | Martin Sumpor | | |
| Crtao | 16.02.2016 | Martin Sumpor | | |
| Pregledao | | | | |
| Objekt: | | | Objekt broj: | |
| | | | R. N. broj: | |
| Napomena: | | | | Kopija |
| | | | | |
| Materijal: S235 JR G2 | | Masa: | | |
|  |  | Naziv: | | Pozicija: |
| Mjerilo originala | | Specijalna stezna naprava | | Format: A3 |
| 1:1 | | | | Listova: 1 |
| | | Crtež broj: 200-000-16 | | List: 1 |

